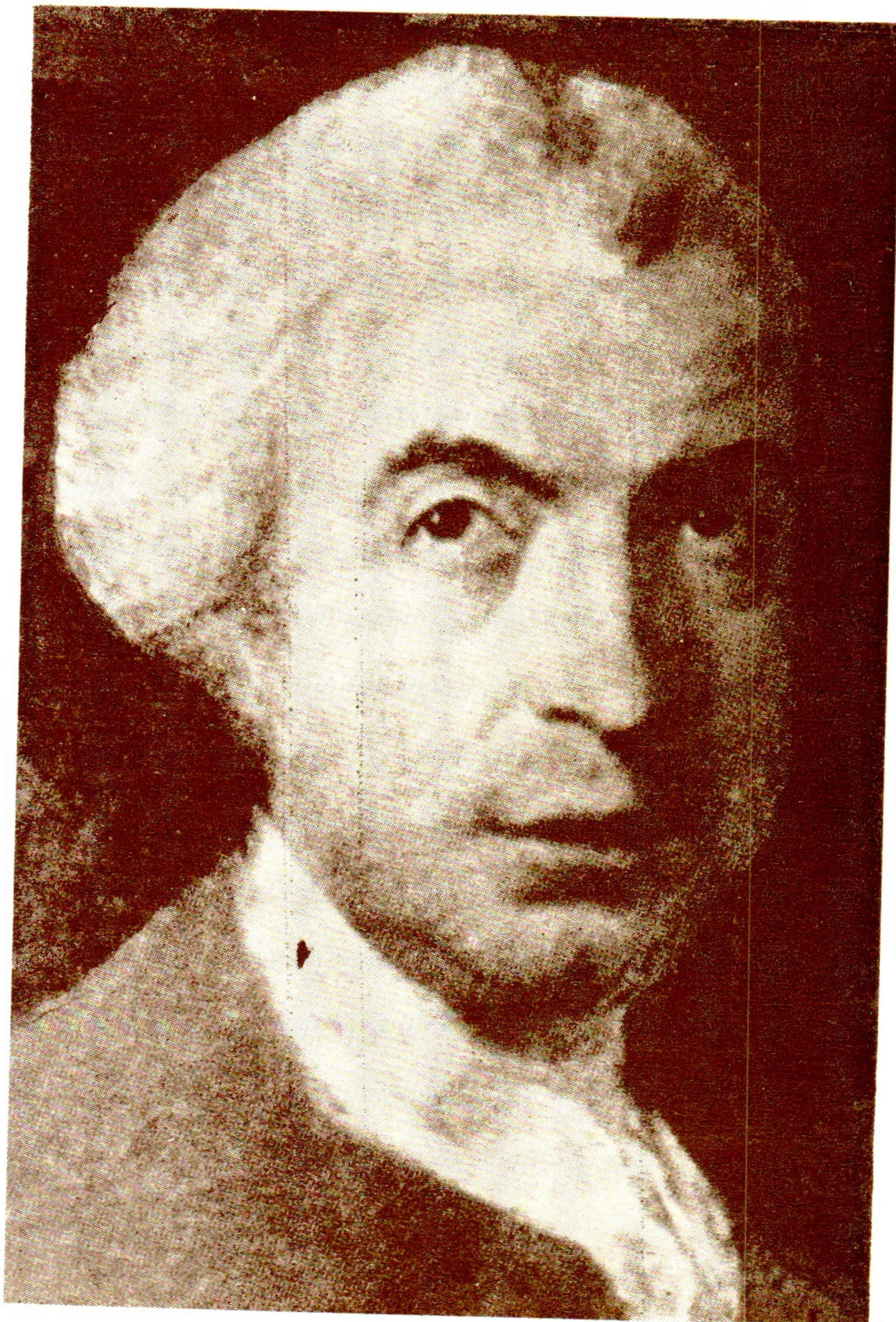


ВАСИОНА

ЧАСОПИС ЗА АСТРОНОМИЈУ
АСТРОНОМСКО ДРУШТВО "РУЂЕР БОШКОВИЋ"
БЕОГРАД • УДК 52 (05) • YU ISSN 0506 4295

Ruđer Bošković (1711—1787), detalj portreta koji je 1760. godine uradio engleski slikar Pine.



1981 4

ГОДИНА XXIX
КЊИГА VII

VASIONA

REVUE D'ASTRONOMIE

ANNÉE XXIX
1981 № 4
BEOGRAD

Bulletin de la Société Astronomique „R. Bošković". Adresse: VASIONA, Narodna opservatorija, Kalemegdan, Gornji Grad, Beograd, Yougoslavie

САДРЖАЈ

CONTENTS

All papers have short abstracts in english.

ВАСИОНА, часопис за астрономију. Издаје Астрономско друштво „Руђер Бошковић" уз учешће Републичке заједнице за науку СР Србије. Адреса уредништва и администрације: 11000 Београд. Калемегдан, Народна опсерваторија. Тел. 624-605. Рукописи се не враћају. Годишња претплата НД 80. За иностранство 160. За ученике, ако поруче најмање 10 примерака НД 50. Поједини број НД 20. Претплату слати у корист рачуна број 60806—678—6639

„Васиона" бр. 4 1981, година XXIX, књига VII, стр. 61—84, штампано децембра 1981

На основу мишљења Републичког секретаријата за културу број 413-665/74-02 од 27. XII 1974. ово издање је ослобођено пореза на промет

Штампа: НИГРО „Привредни преглед", Београд, Маршала Бирјузова 3—5.

ВАСИОНА ЧАСОПИС ЗА АСТРОНОМИЈУ ГОДИНА XXIX 1981 БРОЈ 4 БЕОГРАД

UDC 523.46—13:629.785

VOJADŽER 2 PROŠAO PORED SATURNA

Čabrić Ninoslav
Narodna opservatorija, Beograd

Tek što su se slegla uzbuđenja izazvana rezultatima ispitivanja koje je obavio Vojadžer 1 i izvršene malo detaljnije analize mnogobrojnih merenja, Vojadžer 2 se približio Saturnu i počeli su da pristižu novi podaci. Pošto je u ranijim brojevima „Vasione" bilo već reči o građi aparata tipa Vojadžer i parametrima putanje (br. 1—2/1980), kao i o rezultatima dobijenim pomoću podataka koje je Vojadžer 1 poslao (br. 2—3/1981), ovde će biti reči samo o događajima koji su se odigrali u toku praktično jednog dana, dok se letelica nalazila u neposrednoj blizini Saturna.

Sve je počelo izvanredno. Instrumenti su funkcionisali besprekorno. Približavajući se Saturnu, drugoj planeti od četiri koliko je predviđeno da „poseti", fotopolarimetar Vojadžera 2 je bio usmeren ka zvezdi δ Škorpije. Položaj letelice bio je takav da je u toku merenja sistem Saturnovih prstena zaklonio zvezdu. Ovo je omogućilo još detaljniju sliku i pokazalo da Saturnovi prstenovi imaju još finiju strukturu nego što se to moglo zaključiti na osnovu podataka sa Vojadžera 1, a pogotovu u odnosu na one koje je 1979. godine poslao Pionir 11.

Radost, koja je zavladala među članovima ekipe koja se brine o letu, zbog početnih uspeha ubrzo se pretvorila u brigu. Samo dva sata pošto je Vojadžer 2 prošao najbližu tačku na putanji pored Saturna, dok je još bio iza njega i bez radio-kontakta sa Zemljom, počele su nevolje. Za ovo se saznalo tek pošto je letelica izašla iza Saturna. Pokušaj da se TV kamere i ostali aparati usmere u željenom pravcu nisu dali rezultate. Čak su izostali planirani snimci i merenja koje je Vojadžer 2 trebalo da obavi automatski.

U razgovoru sa Normanom Nesom *(Norman F. Ness)* na VI ERMA, Dubrovnik 19—23. oktobar 1981. godine, obavešteni smo da je do otkazivanja sistema za pokretanje platforme sa instrumentima došlo zbog zaglavljivanja stranog tela među zupčanicima. Ovo se dogodilo još dok je letelica bila na Zemlji, a slične, ali manje teškoće bile su prisutne i kod Vojadžera 1.

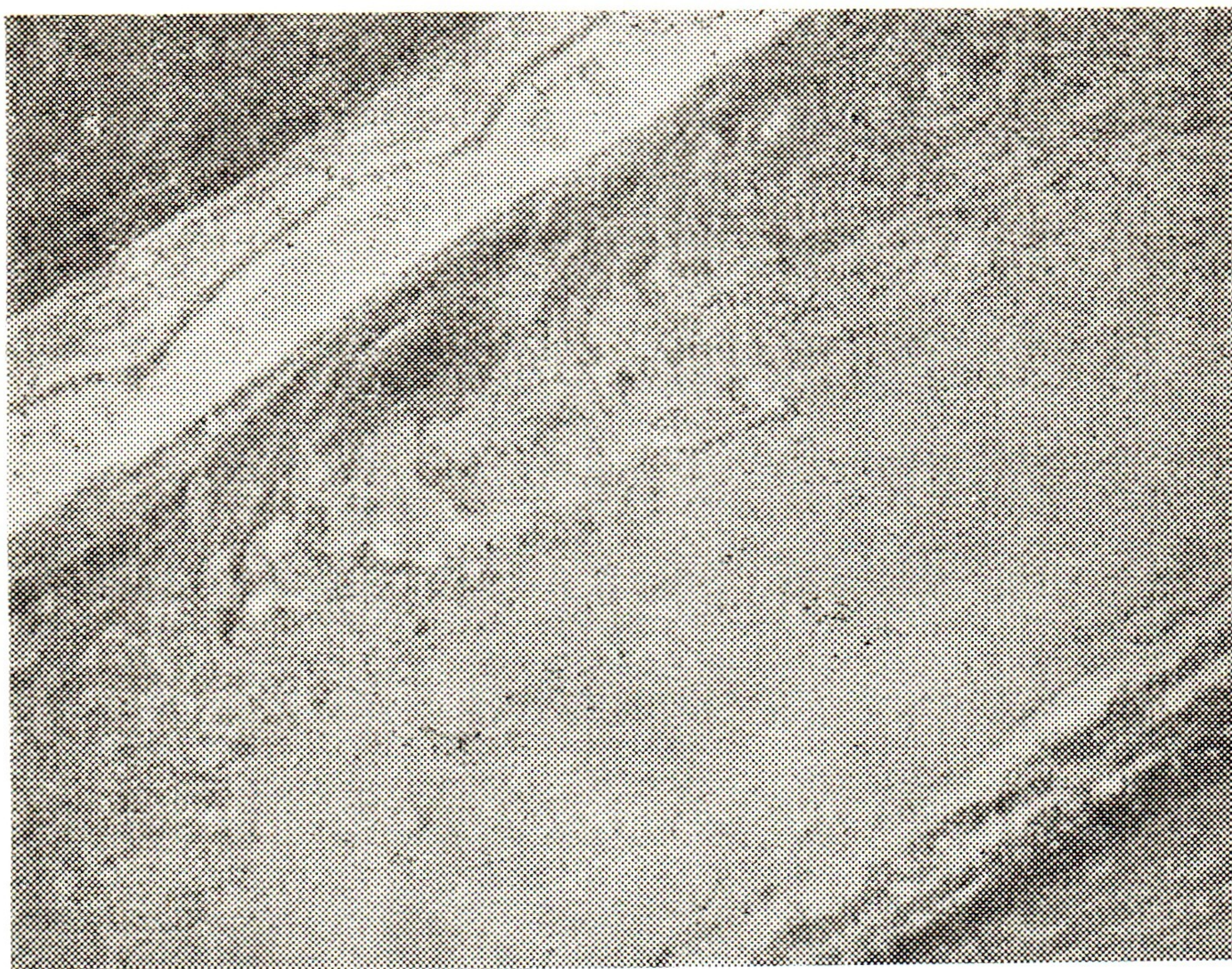
Tim stručnjaka iz kontrole leta reagovao je munjevito. U obimnim konsultacijama razrađen je postupak koji bi trebalo da omogući da se zadaci Vojadžera 2 u odnosu na ispitivanja Saturna i njegovih satelita, kao i dalji tok leta prema Uranu i Neptunu ne dovedu u pitanje. Kvar na platformi sa instrumentima i kamerama bio je ozbiljan. Intervencije sa Zemlje omogućile su da se mehanizam za pomeranje platforme samo delimično deblokira.

Srećom, najbolje fotografije južne hemisfere Saturna, kao i satelita Tetisa i Encelada već su bile načinjene i poslate na Zemlju. Fotopolarimetrijsko posmatranje okultacije još jedne zvezde sistemom Saturnovih prstena je izostalo. Prema rečima stručnjaka, u toku prvih dana i sati operacije približavanja, ipak je većina eksperimenata obavljena.

Pošto je Vojadžer 2 prošao pored Saturna devet meseci posle svog predhodnika, uslov i snimanja bili su izmenjeni. Ovoga puta Saturnovi prsteni bili su više otvoreni prema Sunčevim zracima što je omogućilo detaljnija istraživanja. Putanja letelice bila je takva da se nekim satelitima približila na manje rastojanje nego bilo koji aparat pre nje. Tako je pored Japetusa Vojadžer 2 prošao na 2,7 puta manjem rastojanju od svojih predhodnika, pored Hiperona (1,9), Encelada (2,3), Tetisa (4,5), a pored Febe na čak 6,5 puta manjem rastojanju.

Televizijski sistem na Vojadžeru 2 znatno je osetljiviji od onog na Vojadžeru 1, pa se sa nestrpljenjem očekuju analize koje su poverene timu od 120 naučnika.

Sada, kada se letelica udaljuje od Saturna, kontrola leta se trudi da ona bude što bolje vođena ka Uranu (pored koga treba da prođe 1986. godine) i Neptunu (početkom 1989. godine).



U atmosferi Saturna postoje kretanja slična onim u atmosferi Jupitera. Na ovom snimku Vojadžera 2 vide se pojasevi, a detalj gore levo podseća na Jupiterovu crvenu pegu.

U motorima Vojadžera 2 ostalo je goriva za oko 150 korekcija putanje i manevara potrebnih da se naučni instrumenti usmere ka željenom cilju u sada otežanim okolnostima. Većina stručnjaka ipak veruje da ćemo dobiti značajne podatke i o planetama koje Vojadžer 2 tek treba da poseti.

Na skupu u Dubrovniku, Nes je na pitanje Z. Kopala, kolika je šansa da naučni instrumenti na Vojadžeru 2 budu ispravni u trenutku kada se nađe na najmanjem odstojanju od Urana odgovorio: „Verovatnoća je 66% da devet od ukupno 11 naučnih instrumenata 24. januara 1986. godine budu u ispravnom stanju."

Primljeno oktobra 1981. g.

VOYAGER 2 PASSED NEAR SATURN

N. Čabrić

The paper contains a rewiew of the passage of the spacecraft near the ringed planet.

THE DISCOVERY OF THE THIRD SATELITE OF NEPTUNE

M. Jeličić

This paper describes the discovery of the third satelite of Neptune, and gives new data about the satelites.

UDC 523.481-128(091)

ОТКРИВЕН ТРЕЋИ НЕПТУНОВ САТЕЛИТ

Милан Јеличић

Народна опсерваторија, Београд

Планета Нептун је због зеленоплаве боје добила име по богу мора, а њени сателити Тритон и Нереида по пратиоцима бога мора тритонима и нереидама. Ова година, једна из низа успешних за планетску астрономију, донела је Нептуну највероватније још један сателит, а богу мора ће вероватно дати још једног пратиоца на небу.

До неочекиваног открића трећег Нептуновог сателита дошли су 24. маја Харолд Раитцема и његови сарадници В. Хаберд, Л. Лебовски и Д. Толен, сви са аризонског Универзитета. Екипа подељена у два тима очекивала је окултацију звезде 52 Ophiuchi Нептуном са 1,5 метарским Каталина и 1 метарским Маунт Лемон телескопима. Али до окултације није дошло; Нептунов диск је прошао нешто северније од звезде.

Међутим оба посматрачка тима забележила су пад сјаја ове звезде на каналима фотометра са црвеним филтером, који је трајао 8,2 ± 0,3 s.

Због чега се звезда угасила? Истраживачи су редом искључили разне могућности. Могућност дотицања звездиног лика Нептуновом атмосфером је одбачена, разлог нису могли бити ни брзо пролазеће мале планете, а ни непознати Нептунов прстен (у том случају би постојао и други минимум).

Закључено је да је звезду окултирао до сада неуочени Нептунов сателит. Пречник сателита процењен је на 180 км, а даљина од планете на 50 000 км, што значи да је седам пута ближи од Тритона (Нептунов екваторски пречник износи 24 750 км). Под претпоставком да албедо износи 0,6, објекат би имао звездану величину око 20, што је врло слабо да би се могао директно уочити.

Занимљиво је да су сличну окултацију 21. августа прошле године посматрали Т. Џонс и П. Николсон са Мт Стромло опсерваторије у Аустралији. Окултација је трајала 1,5 s. Оцењено је да је орбита овог објекта била удаљена 37 000 км од Нептуна.

С обзиром на релативно велику масу врло је вероватно да Нептун има више од два сателита; Уран са нешто мањом масом има пет сателита.

На крају поменимо карактеристике оба позната Нептунова сателита, који су такође на свој начин загонетни.

Тритон откривен 10. октобра 1846., само 18 дана после открића Нептуна, од стране Енглеза Виљема Ласела, улази у ред највећих сателита — његов пречник износи око 3 800 км. Обрнуто кретање око Нептуна, на растојању од 355 000 км, наводи на помисао да није настао истовремено са матичном планетом, већ да је захваћен њеном привлачном силом. Тритоново кретање и карактеристике најудаљеније планете, по Литлтону су знак да је Плутон одбегли Нептунов сателит.

Нереида, коју је открио 1. маја 1949. Џералд П. Кујпер, за разлику од Тритона, чија је путања потпуно кружна, има највећи ексцентрицитет орбите међу свим планетским сателитима. Њена удаљеност од Нептуна варира од 140 000 до 9 500 000 км — средња удаљеност је 17 пута већа од Тритонове.

Без сумње многе контраверзе у вези са Нептуновим сателитима и Нептуном ће бити решене и расветљене, ако се успешно оконча мисија летелице Војаџер 2. На најмањем растојању од Нептуна, који је тренутно најудаљенија планета Сунчевог система, Војаџер 2 ће бити септембра 1989. године.

Према Sky and teleskope октобар 1981. и. Enciclopedie d'Astronomie de Cambridge, Edit. du Fanol, Paris.

UDC 523.481—128(091)

ДВЕСТА ГОДИШЊИЦА ОТКРИЋА УРАНА

Бранислав Геземан
Астрономско друштво „Руђер Бошковић"

Ове године навршава се две стотине година од открића планете Уран. Њен проналазач је Вилијам Хершел (1738—1822).

Пре Хершеловог открића Уран је виђен од стране неколико астронома, али они су мислили да је то звезда некретница. Тако је било са Џоном Флемстидом, гриничким астрономом, који га је видео 1690. г. што је накнадно утврдио Боде према Флемстидовој „*Historia Coelestis Britanica*". Исто му се десило 1712. г., 2. априла. Поново 1715. г., спремајући свој познати каталог звезда, Флемстид посматра 5, 6 и 11. марта Уран као некретницу. Године 1753, 3. децембра, Џон Бредли бележи у свом великом каталогу посматрање једне звезде, коју Бесел касније препознаје као планету Уран. Двадесет петог септембра 1756. г. посматра Тобијас Мајер звезду, која је у његовом каталогу обележена бројем 964, за коју Боде касније утврђује да је планета Уран. Из рукописа „*Historia Coelestis*" П. Ш. Лемонијеа који се чува у библиотеци Париске опсерваторије, сазнаје се да је у размаку од 1763. до 1769. Лемоније дванаест пута посматрао планету Уран као некретницу. Да је редовно, одмах после посматрања, редуковао своја посматрања, у посматраној звезди би препознао планету и Уран би био откривен деветнаест година раније. Све скупа, од 1690 до 1781. г. Уран је био примећен двадесет пута.

Ево шта о свом открићу каже сам Хершел: „13. март 1781. г. био је уторак. Док сам испитивао једну слабу звезду у суседству некретнице *H Geminorum* опазио сам једну која је очигледно била већа од осталих; изненађен њеном величином упоредио сам је са *H Geminorum* и са малом звездом на граници sažvežđa *Auriga и Gemini*. Како сам је нашао толико већом од ових помислио сам да то мора бити комета. . . 19. марта креће се у смеру зодијакалних знакова и њена раван путање отступа врло мало од равни еклиптике; привидно кретање јој је 2 1/4 ″ на час. . . 25. март—привидно кретање комете се убрзава и њен привидни пречник бива све већи. . . 6. априла — комета изгледа оштра на ивицама и необично добро дефинисана, без икакве појаве знака репа". . .* Након Хершела Уран посматрају Месклејн 17. марта, Лаланд 16. априла, затим Месије 23. априла итд.

Двадесет и трећег априла Месклејн је писао Хершелу да је новопронађено тело највероватније планета. Августа исте године Лаплас изјављује да се новопронађено тело креће по кружној путањи великог полупречника. Жан Батист Гаспар Бошар де Сарон први долази до закључка да се објект мора налазити далеко. Једно Мајерово посматрање из 1756. г. омогућује да се израчунају нагиб и лонгитуда узлазног чвора. Да се ради о планети потврдио је математичар Андрес Јохан Лексел (1740—1784). Он је установио да је та планета два пута даља од Сатурна.

Са Хершеловим називом новопронађеног тела, Георгиум Сидус, (Ђорђева звезда), нико није хтео да се сложи и планета је добила име Уран на Бодеов предлог.

Уран је откривен телескопом пречника 40cm; са жижном даљином од 215 cm. Даљим посматрањима Хершел је открио да планета Уран има два сателита привидних величина 14,0 и 14,3 који су добили називе Титанија и Оберон. Оба сателита имају ретроградно кретање као и остала три које су касније пронашли Ласел (два) и Кујпер (један). Сама планета има ретроградно обртање око осе јер је нагиб осе ротације према равни путање 98 степени. Привидна величина Урана се мења од 5,6 до 5,9,а диск му се види при увеличању не мањем од сто пута. Привидни пречник варира од 3,6 до 4 секунде (лучне),а диск му је блед, морско зелене боје.

Према В. Мишковић: „Хронологија астрономских тековина" САНУ, Београд, 1976.

BICENTENNIAL OF THE DISCOVERY OF URANUS

B. *Gezeman*

Historical facts on discovery of Uranus are presented on the occasion of two hundred years since its discovery by Herschel.

UDC 524.88—48—77

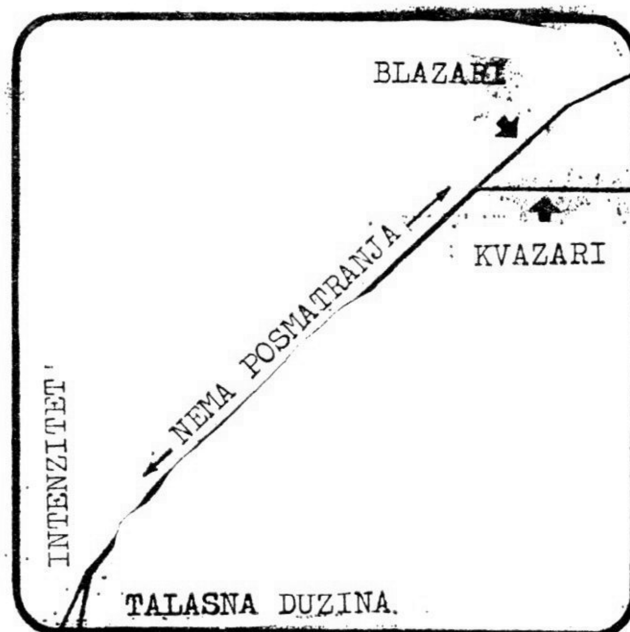
БЛАЗАРИ

Милан С. Димитријевић

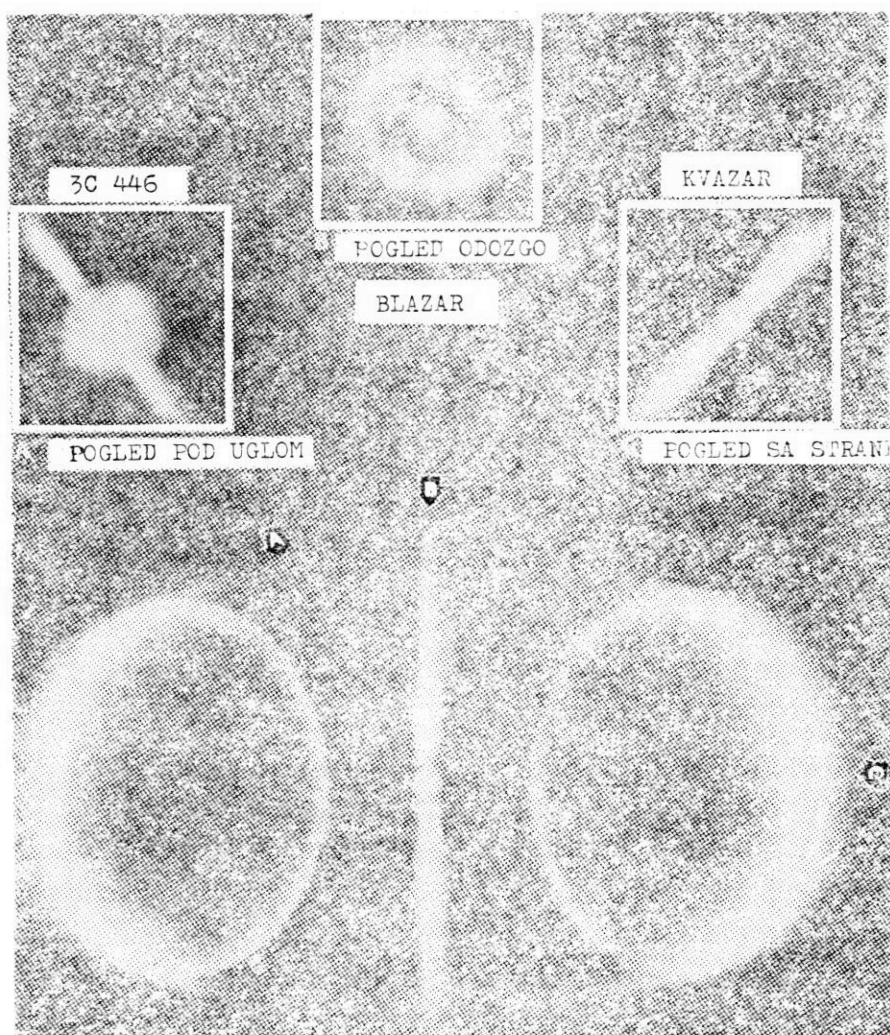
Институт за примењену физику, Београд

Разноликости појмова којима је задњих деценија обогаћен речник астрономије, додана је још једна категорија. То су блазари, назив који је предложио Ед Спигел са Колумбија универзитета, за објекте које су астрономи до сада називали објекти типа BL Lacertae или краће, лацерте. Часопис „Васиона" је своје читаоце детаљно упознао са особинама лацерти (1), тако да ћемо се у овом чланку осврнути само на најновија сазнања до којих су дошли астрономи истражујући блазаре.

Приликом визуелног посматрања, блазари имају неких сличности са квазарима. То су звездолики објекти слабог сјаја, привидне величине између +14 и +19. Ипак, за разлику од квазара, блазари су обично окружени магличастим прстеном. Друга карактеристика блазара је променљивост емисије како у оптичком делу спектра, тако и на радио-подручју. У току неколико месеци, блазар AO 235 + 164 је повећао сјај за фактор 100, док првооткривени блазар BL Lacertae може да промени свој сјај и за 50 процената у току само једне ноћи. Осим тога, за блазаре је карактеристична поларизација електромагнетног зрачења, која указује на његово нетермално порекло. Код термалног зрачења, вектори електричног поља појединих таласа управљени су хаотично и зрачење је неполаризовано. Ако су вектори електричног поља свих таласа управљени на одређени начин, зрачење је поларизовано. Како у оптичком делу спектра, тако и у радио-подручју, степен поларизације је велики (и до 35%) и променљив (мења се и до 5% од једне ноћи до друге). Чак је и правац поларизације променљив. BL Lacertae је једном изненадила астрономе изменивши правац поларизације за 12° у току мање од четири часа.



Сл. 1. Спектар блазара и квазара. У радио-опсегу, блазари имају далеко интензивнију емисију. Далека инфрацрвена област спектра означена је са „нема посматрања", пошто се зрачење ових таласних дужина апсорбује у воденој пари у Земљиној атмосфери.



Сл. 2. Бленфорд-Ригов модел структуре блазара/квазара.

Последња карактеристика која карактерише блазаре, а вероватно најважнија која је сугерисала астрономима да се ради о новој класи небеских објеката, је њихов спектар, који се потпуно разликује од спектра обичних звезда и галаксија. У рендгенском подручју таласних дужина, блазари емитују мало, често се емисија ни не може установити. Са порастом таласне дужине интензитет емисије расте, да би на радио-таласима блазари постали чак снажнији извори зрачења од квазара. Оптички спектар блазара представљао је такође велико изненађење за астрономе. У њему није било ни апсорпционих ни емисионих линија карактеристичних за спектре звезда, квазара и галаксија. Овај недостатак линија у спектру представља важан део дефиниције блазара. Он је такође спречавао да се потпуно поуздано одреди растојање до ових објеката. Ипак, 1974. године, Џемс Ган и Џ. Б. Оук су саопштили да су успели да нађу спектралне линије и одреде растојање до BL Lac. Други астрономи су сумњали у њихов резултат, с обзиром да се он није могао поново добити. Џозеф Милер и Стивен Хаули са Лик опсерваторије, претпоставили су 1975. да линије постоје у спектру магличастог халоа BL Lac и да се оне могу видети када је промена сјаја лацерте близу минимума. Њихова претпоставка је била исправна и они су дошли до резултата да је црвени помак BL Lac 7 процената брзине светлости, односно да је овај објекат удаљен 130 милиона светлосних година од нас. У јулу 1977, Милер и Хаули су заједно са Хауардом Френчом механички заклонили сјајно језгро BL Lac и покушали да измере само спектар магличасто халоа. Резултат који су добили разјаснио је многе ствари. Добијени спектар је имао изглед спектра нормалне елиптичке галаксије са црвеним помаком од 7 процената. То је убедљиво показало да се блазар BL Lac налази у центру нормалне елиптичке галаксије и да заиста има оно растојање од нас које је предсказао црвени помак.

У Питсбургу је 1978. одржана конференција о блазарима на којој су Мартин Риз из Института за астрономију у Кембриџу и Роџер Блендфорд из Калифорнијског технолошког института, изнели хипотезу да су блазари и квазари објекти истог типа али посматрани из различитих праваца. У оквиру њиховог модела, оптички густ облак који има облик широког прстена, окружује мистериозно централно језгро (можда црну рупу!). Спољашњи делови облака стварају зрачење које има линијски спектар док је нетермално зрачење без линија усмерено дуж осе објекта. Ако овакав објекат посматрамо дуж осе звaћемо га блазар, зато што ће дискретни спектар магличастог халоа бити невидљив услед снажног нетермалног зрачења језгра. Ако објекат посматрамо са стране, дискретни спектар омотача биће много јачи и ми ћемо сматрати да се ради о квазару.

У прилог овом моделу иде постојање објеката који имају неке особине блазара а неке квазара, што се може објаснити предпоставком да је у односу на посматрача са земље објекат под неким углом у односу на осу дуж које се емитује нетермално зрачење. Ипак, изложени модел не даје одговоре на сва питања. Одакле долазе огромне количине енергије коју зраче блазари? За време максимума емисије, блазар АО 235 + 164 је био најснажнији извор зрачења виђен у космосу. Енергија од 10^{41} Watt коју је емитовао, била је равна енергији 100 милијарди сунаца. Мада је начињено неколико покушаја да се одговори на ово питање, блазари и даље остају међу најинтересантнијим објектима за научно истраживање у екстрагалактичкој астрономији.

ЛИТЕРАТУРА

1. М. С. Димитријевић: 1978, *Васиона*, бр. 3—4, стр. 63.
2. J. R. Schendel: 1980, *Astronomy*, February, 67.
3. M. J. Disney, P. Verxon: 1977, *Scientific American* **237,** 32.

BLAZARS

M. S. Dimitrijević

The new facts about blazars are given with the special emphasis on the Blandford-Rees's model.

UDC 524.8(091)

KOSMOLOŠKI MODEL RUĐERA BOŠKOVIĆA

Borivoje Jovanović
Astronomsko društvo „Ruđer Bošković"

Ruđer Bošković je do kosmološkog modela došao razrađujući osnovne ideje svoje fizike. Svoja učenja je najpotpunije izložio u delu Teorija prirodne filozofije*), kao celoviti naučni sistem i pogled na svet nastao sredinom 18. veka. Sve teorije počivaju na tri postulata koja su u delu data implicite, a glase:

1. „Osnovni su elementi materije posve nedeljive i neprotežne točke koje su u beskrajnom vakuumu . . . i u njemu plove" (p. 7,81,393).

2. „Svaka točka materije ima dva stvarna načina postojanja: jedan mjesni i jedan vremenski" (p. 142), pa se „stvar nalazi tamo gdje jest i tada kada jest" (p. 2,3. Dopune).

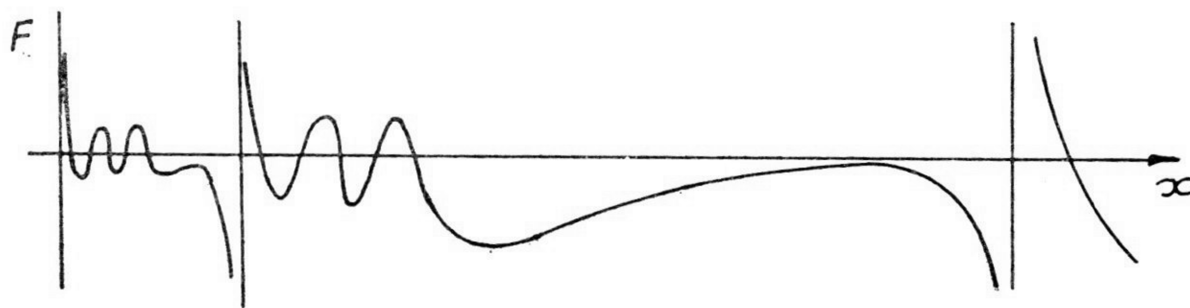
3. Postoji jedan jedinstveni zakon sila koji objedinjuje višestruke naizmenične odbojne i privlačne sile koje deluju između temeljnih elemenata materije u zavisnosti od njihovih udaljenosti (p. 10,92, 119. i p. 25. Dopuna); ove sile su aktivne i uzrok su kretanja materije (p. 390).

*) *Theoria Philosophia Naturalis*, Venecija, 1763, (Dvojezično izdanje „Liber" Zagreb, 1974)

Ovome treba dodati još neke pojedinosti. Prvo, nema izolovanih tačaka materije (p. 96), tj. sve tačke materije međusobno neprestano interaguju i na taj način poprimaju uvek novo, dakle drugo, neponovljivo stanje kretanja. „Nikakva točka materije nikada ne zauzima ni točku položaja koju tada zauzima neka druga točka materije ni onu koju je bilo ona sama, bilo neka druga točka materije ikada zauzimala" (p. 361). Bošković je na ovim principima razradio teoriju o relativnosti prostora i vremena, koju je vek i po kasnije obnovio A. Einstein u obliku poznatih matematičkih relacija od suštinske važnosti. Drugo, Bošković sve interakcije objedinjuje (unificira) jednim jedinim zakonom sila u obliku polinoma:

$$z^m + a z^{m-1} + b z^{m-2} + c z^{m-3} + \ldots + f = P,$$

gde je $z = x^2$, a m ceo pozitivan broj. Funkcija ima veliki broj realnih nula, ali je njih veoma teško odrediti. Na malim odstojanjima između čestica sila je jako odbojna, a na vrlo velikim rastojanjima prelazi u privlačnu silu koja opada približno s kvadratom udaljenosti, čime je obuhvaćen Newtonov zakon gravitacije. Treće, Bošković se kritički odnosi prema svom zakonu i kaže: „Međutim ja ne vidim zašto bi, ako se i kaže da je sila neko bitno svojstvo materije, ona nužno trebala ovisiti samo o udaljenosti ... nema ničega zbog čega bi samo udaljenosti morale ući u formulu funkcije koja izražava silu" (p. 68 Dopune). Dakle svestan je da postoje neke dublje suštinske odredbe koje su nepoznate. Te odredbe mi još ni danas ne poznajemo dovoljno, osim da postoje četiri fundamentalne sile: gravitaciona, elektromagnetna, nuklearna i slaba, na čije se unificiranje danas veoma mnogo radi. Zato Bošković smatra da je njegov zakon sile aproksimativan, da je samo jedan od stepena ljudskog saznanja. Kako su u njegovo doba bile poznate samo gravitacione interakcije, to se on posebno osvrće na Newtonov zakon gravitacije i vrlo argumentovano ukazuje na njegovu približnost. Navodimo ovde ono što je za nas značajno. „Newton je dokazao da će kod planetarnih elipsa apsidna crta, kako je nazivaju astronomi — a to je os elipse,imati golemo gibanje ako sila odstupi nešto više od obrnute srazmjernosti s kvadratom udaljenosti; a budući da, kako se to može zamjetiti, apsidne crte miruju u svojim stazama, on je zaključio da se ta razmjernost u gravitaciji potpuno održava. Međutim on nikako ne dokazuje da se taj zakon točno održava, već samo približno ... Prije svega te apsidne crte, ili, što vodi do istog, afeli planeta ne miruju, već se gibaju ... i to nije neko prividno, već stvarno gibanje. To se gibanje pripisuje perturbaciji sila nastaloj iz međusobnog djelovanja planeta, ali dosad još nije dokazano da to gibanje točno odgovara djelovanju ostalih planeta koje bi bilo obrnuto razmjerno kvadratu udaljenosti niti je dosad riješen tzv. problem triju tijela osim zanemarivanja mnogih veličina, što je daleko od svake točnosti i savršenosti ... još nitko nije postavio ... točan račun za perturbirajući utjecaj svih planeta" (p. 122).



Polazeći od ovih razmatranja R. Bošković dolazi do ideje da svoj zakon još više uopšti na taj način što pretpostavlja asimptotske prekidnosti tako da se osnovni zakon sile ponavlja, ali ne prosto, već tako da se održava samo oblik ali ne i kvantitet (ekstremi, broj nul-tački), kao što se to vidi na slici (fig. 14). Naime, privlačna sila (— F) koja približno opada sa kvadratom rastojanja na nekoj udaljenosti naglo počinje da raste do u beskonačnosti (leva strana asimptote), da bi se iza tog mesta (desna strana asimptote) pojavila kao snažna odbojna sila (+ F). Posle-

dica toga je da materijalne čestice ne mogu prelaziti iz jedne oblasti u drugu, a to opet znači da paralelno u istom geometrijskom prostoru postoje različiti svetovi čiji je broj ma koliki (p. 518). O tome sâm Bošković kaže sledeće: „U tom slučaju, ako postavimo bilo koliko točaka između bilo koja dva para asimptota ili između koliko parova, pa ako ih pravilno poredamo, mogao bi, da tako kažem, nastati ma kolik broj svjetova, od kojih bi pojedini bili među sobom vrlo slični ili vrlo različni, . . . , i to tako da nijedan od njih ne bi imao nikakve veze s drugim, jer nijedna točka ne bi mogla prodrijeti iz prostora koji je zatvoren s dva luka, tj. s jedne strane odbojnim, a s druge privlačnim. Dapače, svi bi svjetovi manjih dimenzija uzeti zajedno bili kao jedna jedina točka s obzirom na onaj veći, koji bi se s obzirom na sebe sastojao od vrlo sitnih točkastih masa, ali tako da bi svaka dimenzija pojedinog od njih s obzirom na nj i na udaljenosti, u koje bi te točke u njemu mogle doći, bila nikakva. Stoga bi se odatle moglo zaključiti da nijedan od tih tobožnjih svjetova ne bi gotovo nimalo mogao biti poremećen gibanjem i silama onog većeg svijeta, već bi u nekom zadanom, ma kako velikom vremenu čitav donji svijet osjetio sile od svake materijalne točke smještene izvan njega, koje se približavaju koliko je moguće jednakim i usporednim silama, koje stoga nimalo ne bi remetile njihovo odgovarajuće unutarnje stanje" (p. 171).

Tako je nastao teorijski model Vasione po kojem se Vasiona sastoji od mnogo nezavisnih podvasiona (svetova) između kojih ne postoji prohodnost materijalnih konstituenata, ali čestica iz jednog sveta može da interaguje sa čitavim drugim svetom, tj. svet može da oseti prisustvo drugih svetova tek u izuzetno jakim interakcijama.

R. Bošković zatim razmatra posledice ovakvog modela. Prvo, kako su zvezde „stajačice" vrlo daleko od Sunca, što odgovara položajima blizu asimptote, to bi pod uticajem jake gravitacione sile dolazilo do njihovog stalnog približavanja „dok bi se cijela materija na kraju morala zbiti u jednu jedinu bezobličnu masu" (p. 405), tj. nastalo bi skupljanje Vasione do singulariteta. Međutim, Bošković smatra da je to malo verovatno jer postoje osim atraktivnih i repulsivne sile, pa i onaj hiperbolični luk uz asimptotu može naglo da se izvije prema x-osi usled nekih nepoznatih procesa. Upravo tako postoje zvezdani sistemi, tj. raspored zvezda je takav da su privlačne i odbojne sile u ravnoteži. Npr. skup zvezda oko Sunca pripada jednom odvojenom delu krive zakona sile. Drugo, Bošković razmatra problem nastanka, razvojnosti i otvorenosti Vasione s obzirom na samokretanje materije. On kaže: „Gibanje se zaista može protegnuti u beskonačnost kroz buduću vječnost; jer ako je jednom započelo, neće nikada doći do vremenskog trenutka u kojem se već nalazila opstojnost beskonačnog pravca. Drukčije bi bilo da je ono opstojalo kroz prethodnu vječnost. Međutim smatram da u tom gibanju buduća vječnost nije posve analogna onoj prethodnoj, tako da ono beskonačno buduće vječnosti nije posve što i ono beskonačno prethodne vječnosti. Jer ako nije bilo beskonačne crte — a mirovanje je neizmjerno još nevjerojatnije negoli vraćanje na jedan jedini vremenski trenutak u istu točku prostora, što još više vrijedi za vječno mirovanje — tada proizilazi da materija zaista nije imala vječno gibanje i nije mogla postojati oduvjek, jer nije mogla postojati i bez mirovanja i bez gibanja" (p. 547). Prema tome Vasiona ima svoju istoriju, ali vreme daleke prošlosti i vreme daleke budućnosti ne može se poimati prema sadašnjem vremenu; ta se vremena razlikuju jer se i stadijumi razvoja Vasione međusobno razlikuju. Mi bismo rekli da razvitak nije ravnomeran i da Hubble-ov zakon uslovno vredi ili da se bar Hubble-ova „konstanta" vremenski veoma mnogo menjala. Prema tome budućnost Vasione je neizvesna.

Sagledavamo da je svojim modelom Bošković otvorio najkrupnija pitanja Sveta. Neka od njih kao što je pitanje otvorenosti ili zatvorenosti Vasione ni savremena nauka nije rešila.

Zadržimo se još malo na krivoj liniji koja prikazuje postojanje koegzistentnih svetova. Ona nas podseća na neke pojave poznate savremenoj nauci, a naročito kada pojam „svet" shvatimo *sasvim uslovno*. Navešćemo dva takva primera.

Prvi primer. Tačka prekida podseća na granicu između dveju različitih vrsta interakcija, odnosno različitih polja. Npr. odbojne električne sile između jezgra atoma i pozitivnog projektila (p, d, α) prelaze u jake privlačne nuklearne sile ulaskom projektila u jezgro. Dakle ne samo da

je čestica iz jednog „sveta" delovala na drugi „svet" — jezgro atoma, već je i ušla u njega, što bi za Boškovića bilo veliko iznenađenje. To što zatim nastaju nuklearne reakcije sa emisijom nekih čestica, odgovara donekle karakteru krive linije između dveju asimptota, ali ne i samo bekstvo tih čestica iz „sveta" nukleusa.

Drugi primer. Jako gravitaciono polje (hiperbolični luk uz asimptotu) Bošković je „prorokovao", a u naše vreme se zna za Schwarzschild-ovu sferu, za crne jame i pulsare gde je gravitaciono polje ogromnih razmera i dominirajuće po jačini.

Na taj način, barem po formi Boškovićev model Vasione ima neku aktuelnost i neku draž, a nadasve ima veliku vrednost za istoriju nauke.

Primljeno septembra 1981.

COSMOLOGYCAL MODEL OF R. BOŠKOVIĆ

B. Jovanović

Cosmologycal model of R. Bošković is derived according to ideas which are given, in Theoria phylosophiae naturalis, Venetia 1763 by R. Bošković with two exemples of author.

UDC 524.3—17—33—82:524.3—5(021.5)

O SASTAVU I RAZVOJU ZVEZDA

III. MODELI ZVEZDA

Trajče Angelov

Institut za astronomiju PMF, Beograd

Pokušaćemo da u kratkim crtama prosledimo razvoj zvezda. Mnoge detalje ćemo izostaviti (npr. modele promenljivih i dvojnih zvezda) ali to neće smetati da dobijemo opštu sliku o životu zvezda.

III.1 FAZA PRE GLAVNOG NIZA

To je početak razvoja: rađanje i faza protozvezde. Problem postanka zvezda sastoji se iz dva pitanja: *iz čega* nastaju zvezde i *kako* nastaju. U odgovoru na prvo pitanje možemo reći da zvezde nastaju iz onog materijala koji se „vidi" u sastavu mladih zvezdanih jata ili asocijacija (mada nismo u stanju da „vidimo" sve što se tamo nalazi). Iako je takav odgovor verovatno tačan ipak je to samo hipoteza: od nečega moramo poći pa zato prihvatimo da zvezde nastaju iz međuzvezdanog gasa i čestica. Posmatranja pokazuju da u takvom međuzvezdanom kompleksu možemo da razlikujemo dve oblasti: oblast jonizovanog vodonika *(HII)* sa temperaturom $\sim (10 \div 5) \times 10^3$ K, idući od središta prema periferiji i oblast neutralnog vodonika *(HI)* — sa temperaturom od ~ 100 K pa skoro do apsolutne nule.

U odgovoru na drugo pitanje moramo poći od zaključka da bar neki deo takvog kompleksa mora biti nestabilan, da bi od njega nastale protozvezde. Računi pokazuju da međuzvezdana sredina, u zavisnosti od veličine spoljašnjeg pritiska, može da postoji u različitim stanjima: visoka temperatura ($T \geqslant 10^4$ K) i niska koncentracija ($n \leqslant 10^4$ m^{-3}); niska temperatura ($T \leqslant 20$ K) i visoka koncentracija ($n \geqslant 10^8$ m^{-3}) ili, za isti pritisak — istovremeno, visoka temperatura i niska koncentracija ($(10^4 \leqslant n \leqslant 0.2 \cdot 10^6)$ m^{-3} odnosno niska temperatura i visoka koncentracija ($(10^6 \leqslant n \leqslant 10^8)$ m^{-3}. Ovde je $n = \rho/m(H)$.

Poslednja mogućnost je najinteresantnija jer daje guste oblake međuzvezdane sredine (prva nestabilnost) za vrednost pritiska $\sim 10^{-14}$ N/m^2, koliko iznosi ukupni spoljašnji pritisak koji podržava međuzvezdanu sredinu. Da bi se iz oblaka dobila protozvezda, on i sam mora biti nestabilan — gravitacijski pritisak mora biti veći od gasnog. Taj zahtev dovodi do nejednakosti

R (pc) $\leqslant 0.2\,(\mathfrak{M}/\mathfrak{M}_{\odot})\,T^{-1}$, koja je poznata kao Džinsov kriterijum nestabilnosti (druga nestabilnost). Za takav oblak, sa masom samo nekoliko puta većom od $\mathfrak{M}_{\odot}$, kriterijum je ispunjen i oblak može da se sažima pod dejstvom sopstvene gravitacije. Za realne, masivnije, oblake ($\mathfrak{M} \sim \sim 10^3\,\mathfrak{M}_{\odot}$) uslovi za ispunjavanje kriterijuma su povoljniji. Oblak nije konstantne gustine što znači da se u toku sažimanja unutar njega izdvajaju, možda nekoliko stotina, ,,oblačića" koji ispunjavaju kriterijum Džinsa i nastavljaju samostalno sažimanje. Tako, rođene su protozvezde. U realnim uslovima, zvezde nastaju neprekidno, ali ne na svakom mestu, već samo tamo gde se sreću gusti oblaci međuzvezdane materije. Pri tome, zvezde se rađaju u grupama.

Posle formiranja, protozvezda nastavlja da se sažima. Gravitacijska energija, koja se tako oslobađa, troši se na zračenje sa površine i na zagrejavanje gasa i čestica. Kada temperatura dostigne vrednost $\sim 10^4$ K, čestice se tope, molekuli disociraju, atomi vodonika se jonizuju i materijal protozvezde prelazi u stanje plazme. Sažimanje se usporava idući od centra prema površini a energija se prenosi konvekcijom u istom smeru. Dok temperatura u unutrašnjosti raste, na površini dostiže ~ 3500 K i ne menja se mnogo. Kada se temperatura u središtu protozvezde poveća do $\sim 5 \times 10^6$ K, počinju termonuklearne reakcije vodonika (Hayashi, 1966). Protozvezde različitih masa, brže ili sporije — u zavisnosti od mase, dolaze u tu fazu razvoja i na $H — R$ dijagramu čine geometrijsko mesto zvezda, sa nazivom: Početni glavni niz (Sandage, 1957, 1962).

III.2 FAZA GLAVNOG NIZA

S obzirom da je period gravitacijskog sažimanja vrlo kratak, 1% vremena koje zvezde provode na Glavnom nizu, starost zvezde praktično se računa od trenutka kada ona zauzme određeno mesto na Početnom glavnom nizu (niz nulte starosti). Osnovni izvor energije su termonuklearne reakcije vodonika, a hemijski sastav unutar zvezde je onakav, kakav je bio u procesu gravitacijskog sažimanja. Ova etapa razvoja najbolje je proučena. Zvezde sa masom $(1 \div 1.5)\,\mathfrak{M}_{\odot}$ imaju spoljašnu konvektivnu zonu, u oblasti nepotpune jonizacije (kod Sunca na primer, vodonikova konvektivna zona prostire se dosta duboko ispod fotosfere). Debljina zone opada sa povećanjem mase i kod zvezda sa $\mathfrak{M} \sim 2\mathfrak{M}_{\odot}$ pa naviše, zanemarljivo malo utiče na strukturu. Za njih može se smatrati da je omotač jezgra u ravnoteži sa zračenjem, a jezgro konvektivno.

Pokazalo se da zvezde istih masa imaju različite strukturne parametre, u zavisnosti od usvojenog hemijskog sastava i fizičkih parametara (μ, P, $\varkappa$, ε):

— stanje materije uglavnom se podjednako tretira: razmatra se potpuno jonizovan idealan gas i/ili njegova delimična jonizacija u površinskom sloju (μ se izračunava sa različitim stepenom jonizacije);

— neprozračnost ($\varkappa$) izračunava se različitim metodama;

— u formulama za (ε) koriste se isti detalji sa različitom težinom, i na kraju

— koriste se razne metode za izračunavanje modela, a postoje razlike i u zadavanju površinskih uslova.

Tablica III.1 daje neke rezultate izračunavanja modela. Pobrojani su, namerno, uglavnom izvorni modeli jer kasnija izračunavanja orijentisana su na utvrđivanje niza detalja koji bitno ne menjaju karakteristike modela u celini. Taj materijal je nehomogen u odnosu na ono što je malopre rečeno. Kod svih modela osnovni cilj je bio naći one vrednosti X i Z za koje će se model najbolje slagati sa empirijskim položajem Početnog glavnog niza. Odstupanja dolaze usled promene Z; promena X daje samo klizanje modela duž Početnog glavnog niza. Tablica pokazuje raznolikost u hemijskom sastavu: zastupljeni su modeli zvezda iz mlade i iz stare populacije. Ipak — kvalitativno, lako je uočiti promenu navedenih parametara (u zaglavlju tablice) sa promenom mase modela.

III.3 FAZA POSLE GLAVNOG NIZA

Na stadijumu posle Glavnog niza model je hemijski nehomogen. U jezgru počinju reakcije helijuma (oslobađa se energija $\varepsilon_{3\alpha}$), reakcije vodonika (energija $\varepsilon_{pp}+\varepsilon_{CN}$) sele se u više

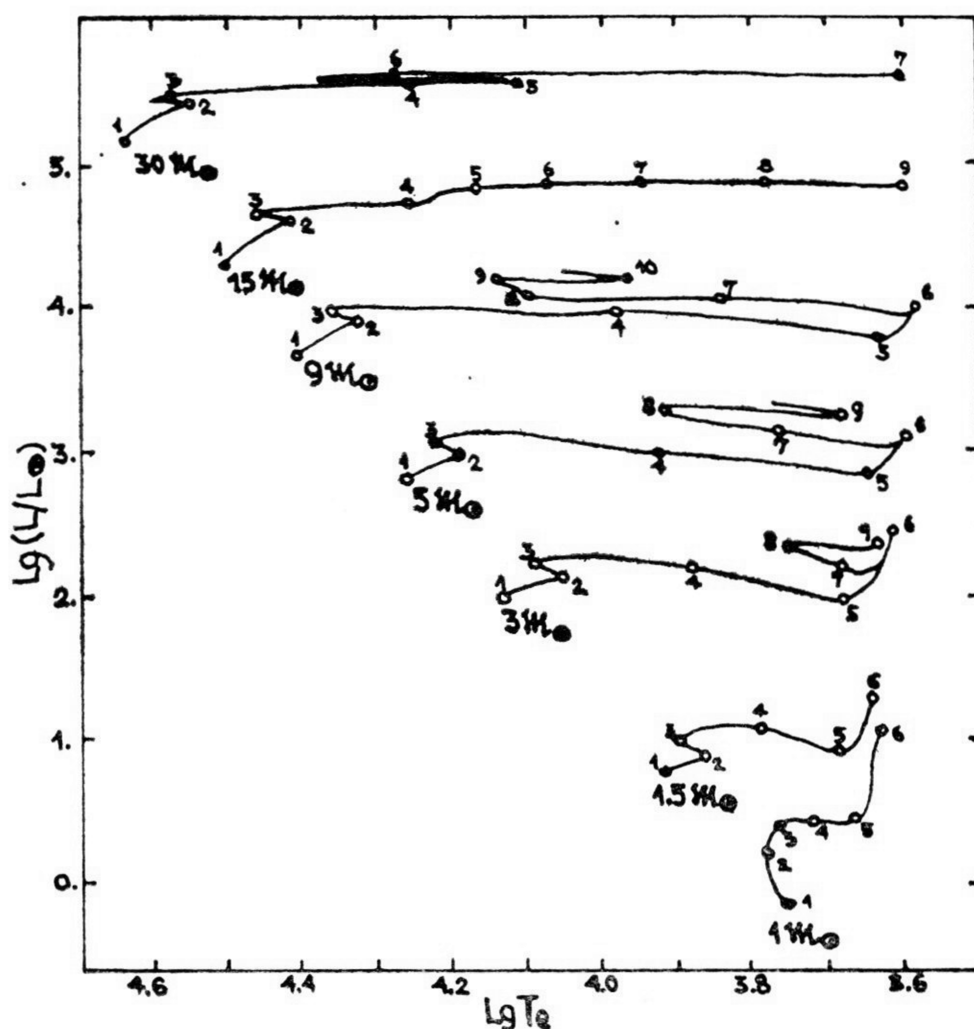
slojeve, pojavljuje se komponenta gravitacijske energije εg (koja može da bude pozitivna ili negativna u zavisnosti od toga da li se zvezda — ili jedan njen deo, skuplja ili širi). Za izbor mehanizma prenosa ukupne energije ne koristi se kritična vrednost ∇_{ad} već veličina $\nabla = \nabla_{ad} + \nabla_{\mu}$ gde je ∇_{μ} — gradijent hemijskog sastava. Osnovni sistem jednačina građe zvezde dopunjuje se jednačinama za promenu hemijskog sastava.

Tablica III.1 *Modeli Glavnog niza*

$\mathfrak{M}/\mathfrak{M}_{\odot}$	X	Z	Tc (10^6K)	ρ_c (10^3 kg/m^3)	lg ($R/R_{\odot}$)	lg ($L/L_{\odot}$)	lg Te (K)	autor
121.1	0.75	0.03	42	2.7	+1.16	+6.26	4.75	Schwarzschild and Harm, 1958, *Ap. J.*, **128,** 348
62.7	0.75	0.03	40	3.2	+0.99	+5.76	4.71	Schwarzschild and Harm, 1958, *Ap. J.*, **128,** 348
30.0	0.70	0.03	36	3.0	+0.82	+5.15	4.64	Stothers, 1963, *Ap. J.*, **138,** 1074
16.0	0.70	0.05	32	4.6	+0.69	+4.38	4.51	Masevič, Ruben, Lomnev, Popova, 1965, *Nauč. inform.*, **1,** 2
10.0	0.650	0.04	30	7.6	+0.61	+3.80	4.41	Angelov, 1973, *Publ. Dept. Astr., Beograd*, **4,** 10
8.0	0.70	0.05	28	9.3	+0.51	+3.39	4.36	Masevič, Ruben, Lomnev, Popova, 1965, *Nauč, inform.*, **1,** 2
5.0	0.650	0.04	26	17.2	+0.43	+2.75	4.24	Angelov, 1973, *Publ. Dept. Astr., Beograd*, **4,** 10
4.0	0.70	0.05	23	20.4	+0.32	+2.17	4.14	Masevič, Ruben, Lomnev, Popova, 1965 *Nauč. inform.*, **1,** 2
3.0	0.708	0.02	24	42	+0.24	+1.97	4.14	Iben, 1965, *Ap. J.*, **142,** 993
2.0	0.596	0.02	22	62	+0.18	+1.46	4.04	Auman, 1965, *Ap. J.*, **142,** 462
1.5	0.708	0.02	19	95	+0.08	+0.73	3.91	Iben, 1965, *Ap. J.*, **142,** 993
1.0	0.708	0.02	14	89	—0.06	—0.13	3.76	Iben, 1965, *Ap. J.*, **142,** 993
0.8	0.75	0.001	11	136	—0.13	—0.12	3.80	Demarque, 1960, *Ap. J.*, **132,** 366
0.6	0.75	0.001	9	100	—0.22	—0.82	3.67	Demarque, 1960, *Ap. J.*, **132,** 366
0.5	0.708	0.02	9	78	—0.36	—1.42	3.59	Iben, 1965, *Ap. J.*, **142,** 993

Izborom vremenskog intervala Δt izračunava se određeni (dovoljan) broj modela, polazeći od konkretnog modela na Početnom glavnom nizu, a njihov položaj na H — R dijagramu trasira razvojni niz. Interval Δt, koji predstavlja vremensku povezanost različitih stanja jednog modela, treba pažljivo odabrati. Načelno, njegova je vrednost različita za zvezde različitih masa. Na primer, prema Searsu (1959), za razvoj Sunca u fazi napuštanja Početnog glavnog niza dobijaju se isti rezultati bilo da se razmatraju tri etape sa $\Delta t = 1.5 \times 10^9$ god., ili samo jedna sa $\nabla t = 4.5 \times 10^9$ god. Masivnije zvezde brže žive i njihov razvoj posle Glavnog niza za relativno kraće vreme trpi kvalitativne promene. Razvojni nizovi zvezda sa $\mathfrak{M} > 2\mathfrak{M}_\odot$ prolaze kroz one oblasti H — R dijagrama u kojima se danas posmatraju zvezde sa zapaženom rotacijom, magnetne i promenljive zvezde a kroz H — R prazninu prolaze mnogo ranije u svom razvoju nego zvezde manjih masa ($\mathfrak{M} < \mathfrak{M}_\odot$); na određenim etapama razvoja, posle Početnog glavnog niza, potrebno je razmatrati i njihovu stabilnost. Za registrovanje svih tih specijalnih stanja u razvoju, potrebno je više modela sa malim Δt. Na primer, za proučavanje etape „erupcije helijuma" (modeli crvenih džinova), Schwarzschild i Härm (1962) koristili su interval $\Delta t = 1.6$ sec. Na Sl. III.1 i u Tabl. III.2 date su neke karakteristike razvojnih nizova za modele sa $\mathfrak{M}_\odot \leqslant \mathfrak{M} \leqslant 30\,\mathfrak{M}_\odot$ prema rezultatima Ibena (1964) i Stothersa (1966).

Danas je nauka dosta odmakla u proučavanju razvoja zvezda. Sa velikom sigurnošću može se smatrati da je najduži period u aktivnom životu zvezde proučen. Nedostaju neki detalji o postanku zvezda, o prvim danima njihova života, o svim mogućnostima njihovog „umiranja". To je i objašnjivo jer u takvim detaljima teorija još nema dovoljno dobar oslonac u posmatračkom materijalu.



Sl. III.1. Razvojni nizovi nekih modela na teorijskom dijagramu H—R, u fazi posle Glavnog niza. Tačke izdvajaju pojedine etape u razvoju. Početni hemijski sastav za $\mathfrak{M}_\odot \leqslant \mathfrak{M} \leqslant 15\mathfrak{M}_\odot$ *je* $X = 0.708$, $Z = 0.02$ *(Iben, 1964) a za* $\mathfrak{M} = 30\,\mathfrak{M}_\odot$ $X = 0.70$, $Z = 0.03$ *(Stothers, 1966).*

Tablica III.2. Starost zvezda u pojedinim etapama razvoja, u fazi posle Glavnog niza, za modele na Sl.III.1. (Rezultati su dati u obliku a (c) što treba čitati kao a × 10^c god).

Tačka	$\mathfrak{M}/\mathfrak{M}_{\odot}$						
	1.0	1.5	3.0	5.0	9.0	15.0	30.0
1	5.02(7)	1.82(7)	2.51(6)	5.76(5)	1.51(5)	6.16(4)	2.00(4)
2	8.06(9)	1.57(9)	2.27(8)	6.55(7)	2.13(7)	1.02(7)	4.82(6)
3	9.71(9)	1.65(9)	2.39(8)	6.82(7)	2.19(7)	1.048(7)	4.91(6)
4	1.02(10)	2.04(9)	2.48(8)	7.02(7)	2.208(7)	1.050(7)	4.92(6)
5	1.04(10)	2.11(9)	2.49(8)	7.04(7)	2.213(7)	1.149(7)	4.93(6)
6	1.09(10)	2.26(9)	2.53(8)	7.08(7)	2.214(7)	1.196(7)	5.45(6)
7	—	—	2.89(8)	7.84(7)	2.27(7)	1.210(7)	4.46(6)
8	—	—	3.10(8)	8.52(7)	2.32(7)	1.213(7)	—
9	—	—	3.26(8)	8.78(7)	2.57(7)	1.214(7)	—
10	—	—	—	—	2.62(7)	—	—

Ako se prihvati hipoteza (a svi argumenti do sada govore u njen prilog) da se zvezde formiraju iz gustih oblaka međuzvezdane sredine, onda njihov razvoj prolazi kroz skoro zatvoreni ciklus sa gubitkom mase i energije: zvezda se na *H* — *R* dijagramu po prvi put pojavljuje u oblasti blizu crvenih džinova; što više stari, njenu materiju čine teži elementi; u svom razvoju može izgubiti i do 80% početne mase; pri kraju aktivnog života zvezda je crveni džin. Šta dalje? Teorija dosta precizno govori o mogućnostima daljeg razvoja, o uslovima koje mora da ispunjava početna masa zvezde da bi razvoj išao preko supernove, da bi zvezda završila svoj život kao beli patuljak ili crna rupa. O tome bi moglo, opet, dosta da se govori. Ovde smo izneli samo one rezultate koji su Teoriju građe i razvoja zvezda potpuno afirmisali. Naravno, dubine Vasione skrivaju mnogo objekata, burne procese i lokalne kataklizme. Razvoj pojedinačnih zvezda daje osnovni pečat promenama u zvezdanim sistemima, galaksijama i Vasioni u celini — mada se razvoj ovih drugih može proučavati i sa drugih aspekata. No, to bi bilo izvan okvira onih pitanja koja smo hteli da razmatramo.

Primljeno avgusta 1980.

LITERATURA

Hayashi, C.: 1966, *Ann. Rev. Astron. and Ap.*, **4,** 171.
Iben, I. J.: 1964, *Ap. J.*, **140,** 1631.
Sandage, A. R.: 1957, *Ap. J.*, **125,** 435.
Sandage, A. R.: 1962, *Ap. J.*, **135,** 333.
Schwarzschild, M., Härm, R.: 1962, *Ap. J.*, **136,** 158.
Sears, R. L.: 1959, *Ap. J.*, **129,** 489.
Stothers, R.: 1966, *Ap. J.*, **143,** 91.

DOPUNSKA LITERATURA

Allen, C. W.: 1973, *Astrophysical Quantities*, London.
Bisnovatij-Kogan, G. S.: 1968, *Astrofizika*, **4,** 221.
Cox, P. J. and Giuli, R. T.: 1968, *Principles of Stellar Structure, Tom 2*, New York.
Masevič, A. G., Ruben, G. V.: 1966, *Nauč. inform.*, **3,** 36
Ruben, G. V., Masevič, A. G.: 1966, *Astron. ž.*, **43,** 499.
Strand, K. Aa., ed.: 1963, *Basic Astronomical Data*, Chicago.

ON THE STRUCTURE AND EVOLUTION OF STARS
III STELLAR MODELS

T. Angelov

A short account is given of the evolution of stars.

UDC 520.82.053—16:520.82—352(021.5)

ODREĐIVANJE SJAJA I INTEGRALNE ZVEZDANE VELIČINE SLABIH NETAČKASTIH OBJEKATA

Aleksandar Tomić
Narodna opservatorija, Beograd

Često je potrebno odrediti integralni sjaj netačkastog izvora, npr. komete. Ovaj zadatak može se ostvariti i poređenjem nepoznatog sjaja sa izvorom poznatog sjaja. U tom cilju mogu se koristiti zvezde, kako zbog širokog intervala sjaja, tako i zbog različitih spektralnih klasa kojima pripadaju. Pokušaj da se prosto lik netačkastog izvora kratkofokusnom kamerom svede na tačkasti lik, čiji sjaj bi se dalje poredio sa sjajem zvezde, obično ne daje dovoljno tačne rezultate. Pouzdanije je lik tačkastog objekta-zvezde dovesti na dimenzije lika objekta koji se izučava. To se može izvesti pomeranjem kasete sa filmom duž optičke ose. Tako se dobija vanfokalni lik zvezde kružnog oblika i u slučaju kvalitetne optike ravnomerne raspodele sjaja.

1. Zbog atmosferskih uticaja praktično uvek se zvezde ispred objektiva vide pod nekim malim prostornim uglom ω_0. U slučaju kada se dobija vanfokalni lik, možemo ga tretirati kao fokalni lik od izvora koji se ispred objektiva vidi pod većim prostornim uglom ω_2, a koji daje istu osvetljenost E_0 ispod objektiva. Osvetljenost E_2 iza objektiva srazmerna je odnosu površina objektiva i lika $(D/d)^2$. Može se dakle izvršiti sledeće proširenje jednačine za osvetljenost

$$E_2 = \tau E/(D/d)^2 = \tau E_0 \frac{(\pi/4)(D/F)^2}{(\pi/4)(d/F)^2} = \tau E_0 \frac{\omega_1}{\omega_2}$$

Ako je $x \ll F$, $\omega_2 = (\pi/4)\, d/(F-x)^2 \cong (\pi/4)(d/F)^2$. Kako su sjaj objekta B_0 i lika u odnosu $B = \tau B_0$, a takođe $B = E/\omega$ dobija se za sjaj vanfokalnog lika zvezde izraz

$$B_2 = E_2/\omega_1 = \tau E_0/\omega_2 = \tau \frac{10^{-10\cdot 4m-5.672}}{(\pi/4)(d/F)^2} \qquad (1)$$

Ova formula daje površinski sjaj lika izražen u nitima.

2. U astronomiji često se i sjaj netačkastih izvora izražava u zvezdanim veličinama. Ukoliko je površinski sjaj jednak po celom prostornom uglu ω *(sr)* pod kojim se bez teleskopa vidi objekat i iznosi B *(nt)*, odgovarajuća zvezdana veličina u zenitu dobije se iz formule

$$10^{-0.4m-5.672} = B\,(nt)\,\omega\,(sr).$$

Za sferne izvore prostorni ugao ω može se izraziti preko ugaonog prečnika Δ izraženog u lučnim sekundama, minutama ili stepenima:

$$\omega\,(sr) = \frac{\pi}{4}\left(\frac{\Delta\,('')}{206265}\right)^2 = \frac{\pi}{4}\left(\frac{(\Delta\,(')}{3438)}\right)^2 = \frac{\pi}{4}\left(\frac{(\Delta\,(^\circ)}{57.3}\right)^2$$

Odgovarajuće zvezdane veličine iznose

$$\begin{aligned} m &= -5.68 - 5\log\Delta\,(^\circ) - 2.5\log B\,(\mathrm{nt}) \\ m &= 3.22 - 5\log\Delta\,(') - 2.5\log B\,(\mathrm{nt}) \\ m &= 12.14 - 5\log\Delta\,('') - 2.5\log B\,(\mathrm{nt}). \end{aligned} \qquad (2$$

Ako se sjaj izrazi u stilbima biće

$$m = 22.14 - 5 \log \Delta ('') - 2.5 \log B \text{ (sb)}$$

itd. Tako se npr. za Sunce dobija $m = -26.4$ za $B = 1.5\ 10^9$ nt (na površini Zemlje) i $\triangle = 1920''$, i za pun Mesec $m = -12.7$ jer $B = 5\ 10^3$ nt za Mesec u zenitu.

3. U astrofizici se koriste za površinski sjaj različite jedinice. Zvezdana veličina po kvadratnoj lučnoj sekundi, minuti stepenu naročito je pogodna. Sjaj neba izražen ovom jedinicom ima očigledan fizički smisao.

Zbog turbulencija u atmosferi zvezde se vide pod nekim uglom $\triangle ('')$, odnosno prostornim uglom $\omega = (\pi/4) \triangle^2 ('')$ kvadratnih lučnih sekundi. Da bi se zvezda mogla videti njen sjaj ne sme biti manji od sjaja neba., Ako se veličine izraze u zvezdanim veličinama po kvadratnoj lučnoj sekundi, lako se dobija granična zvezdana veličina zvezde koja se još može videti. Površinski sjaj izražen u ovim jedinicama zvezde sjaja m i prečnika lika $\triangle ('')$ dobija se iz obrasca

$$B\,[m/('')^2] = m + 2.5 \operatorname{ldg} \frac{\pi}{4} \triangle^2 ('').$$

Kombinovanjem ovog i prethodnih obrazaca dobija se

$$\left.\begin{aligned} B\,[m/('')^2] &= 12.39 - 2.5 \log B \text{ (nt)} \\ B\,[m/(')^2] &= 3.49 - 2.5 \log B \text{ (nt)} \\ B\,[m/(^0)^2] &= -\ 5.41 - 2.5 \log B \text{ (nt)} \end{aligned}\right\} \quad (3)$$

U idealnim uslovima površinski sjaj neba jednak je 10^{-4} nt što odgovara $22.4 \text{m}/('')^2$ ili $4.6 \text{m}/(^0)^2$. Granična vidljiva zvezdana veličina zvezde m_l zavisi od sjaja neba i od prečnika lika zvezde koji nastaje usled turbulencija

$$m = B\,[m/('')^2] - 2.5 \log \frac{\pi}{4} \triangle^2 ('') \quad (4)$$

dakle, na istom posmatračkom mestu može se znatno razlikovati zavisno od vremenskih uslova. Praksa je pokazala da za ozbiljnija posmatranja sjaj neba ne sme biti veći od $17 \text{m}/('')^2$, dok su za fotografisanje uslovi još stroži.

4, I površinski sjaj vanfokalnog lika tačkostog izvora umesto u nitima obično se izražava u ovim jedinicama. Ako se sa steradijana pređe na kvadratne lučne jedinice, sjaj će iznositi

$$B = \frac{10^{-0.4m\ -5.672}}{(\pi/4)(k\ d/F)^2}$$

gde je $k = 57.3^0 = 3438' = 206\ 265''$. Sjaj sa kvadratnih lučnih jedinica može se izraziti preko sjaja B izraženog u zvezdanim veličinama po odgovarajućoj lučnoj jedinici

$$B' = 10^{-0.4}\,(B - B_0)$$

tako da je

$$\left.\begin{aligned} B\,[m/('')^2] &= m + 5 \log \frac{d}{F} + 26.05 \\ &\text{odnosno} \\ B\,[m/(')^2] &= m + 5 \log \frac{d}{F} + 17.42 \\ B\,[m/(^0)^2] &= m + 5 \log \frac{d}{F} + 8.79. \end{aligned}\right\} \quad (5)$$

Tako se bilo direktnim vizualnim poređenjem sjaja vanfokalnog lika zvezde sa sjajem netačkastog objekta (npr. komete), bilo sa snimka, može odrediti površinski sjaj difuznog objekta-netačkastog izvora. Iz obrazaca (3) može se dalje odrediti B (nt), što sa poznatim ugaonim dimenzijama netačkastog izvora jednačinama (2) određuje njegovu integralnu zvezdanu veličinu.

5. Ako je difuzni objekat neravnomernog sjaja ovaj se postupak može odvojeno izvesti za pojedine njegove delove, pri čemu treba za $\pi\,\Delta^2/4$ uzeti samo površinu odgovarajućeg dela. Dobijene vrednosti ne sabiraju se algebarski nego u skladu sa Pogsonovim zakonom.

Ako su m_1, m_2 ($m_1 < m_2$) zvezdane veličine npr. glave komete i njenog repa, integralna zvezdana veličina m može se dobiti kao nešto složenija „suma" koju nije teško izvesti polazeći od odnosa osvetljenosti

$$\frac{E_1}{E_2} = 2.5^{m_2 - m_1} \qquad \text{i} \qquad \frac{E_1 + E_2}{E_2} = 2.5^{m2 - m1}$$

Dalje se može pisati

$$\frac{E_1 + E_2}{E_1} = 2.5^{m2 - m1} + 1$$

pa kako je $\log 2.5 = 0.4$ konačno se dobija obrazac

$$m = m_2 - 2.5 \log (2.5^{\Delta m} + 1). \tag{6}$$

Za $\Delta\, m < 4$ približno je $m = m_2 - \Delta\, m = m_1$. (Drugi član sa desne strane jednačine nalazi se tako da se antilogaritam broja $0.4\ \Delta\, m$ uveća za jedan, nađe njegov logaritam i pomnoži sa 2.5.)

Kod fotografskog određivanja površinskog sjaja komete dobro je najpre vizualno proceniti sjaj (tj. za datu zvezdu m i poznato F naći d). Pomoću formula (5) može se oceniti za koje promene d će se sjaj vanfokalnog lika zvezde izmeniti za 1 m/(′)^2. Tako se dobija sledećih pet vrednosti vanfokalnog lika za koje bi trebalo (sa istim vremenom osvetljavanja) kao kod snimanja komete) snimiti vanfokalni lik poredbene zvezde:

$$0.398\,d,\ 0.631\ d,\ 1.000\ d,\ 1.585\ d,\ 2.512\ d$$

Podsetimo, ovde je d prečnik lika zvezde na projekciji za koji je sjaj komete i poredbene zvezde bio jednak pri vizualnom određivanju. Na ovaj način lakše je dobiti tačniju vrednost sjaja sa snimka

Primljeno avgusta 1981.

THE DETERMINATION OF BRIGHTNESS AND THE INTEGRAL APPARENT MAGNITUDE OF WEAK DIFFUSE SOURCES

A. Tomić

The aim of this paper is to obtain equations for the surface brightnss in nit and apparent magnitude per squared arc units of nonpoint sources, and formulae for the calculation of integral magnitudes of such objects. All the neccesery date can be determined observationally.

UDC 629.783 (496.1) (021.4) 621.396.7 397.7—182.1

PRORAČUN JUGOSLAVENSKOG GEOSTACIONARNOG RADIODIFUZNOG SATELITA (I)

Bruno Šibl

Astronomsko — astronautičko društvo SRH, Zagreb

U zadnje vrijeme sve više se spominju radiodifuzni sateliti, koji bi trebali otvoriti novu eru u komunikacijama putem satelita. Komunikacione satelite u užem smislu inače možemo podijeliti na:

— telekomunikacione
— radiodifuzne.

Telekomunikacioni sateliti omogućuju prenošenje informacija između udaljenih točaka Zemljine površine s time da između satelita i radio-relejne mreže na Zemlji posreduju zemaljske stanice — prilikom odašiljanja programa ka satelitu i prijemu istog na nekoj drugoj točki Zemljine površine. U međunarodnu globalnu telekomunikacionu mrežu „Intelsat" uključena je i naša zemlja preko zemaljske stanice „Jugoslavija" u Ivanjici, što nam omogućuje izmjenu televizijskih programa, prijenos telefonskih veza i podataka i između vrlo udaljenih mjesta na Zemljinoj kugli. Snaga odašiljača sa kojom rade ovakvi sateliti reda je 10-tak watta, pa je potrebno da antene zemaljskih stanica imaju promjere od nekoliko desetina metara.

Radiodifuzni sateliti služe za emitiranje primljenog signala koji je namijenjen javnosti za direktan prijem bilo individualni bilo zajednički. Obično su ovi sateliti geostacionirani i namijenjeni su pokrivanju jednog određenog područja, najčešće nacionalnog teritorija pojedinih zemalja. Na taj način biti će moguće direktno primiti npr. satelitske televizijske emisije pomoću malih kućnih paraboličnih antena, koje iz ekonomskih i praktičnih razloga ne bi smjele biti promjera većeg od jednog metra. Stoga satelit-odašiljač mora raspolagati mnogo većom odašiljačkom snagom od nekoliko stotina watta i dakako jačim solarnim generatorom. Dodatna oprema koju treba imati za prijem satelitskog programa obuhvaća osim paraboličnog reflektora i konverter za prebacivanje pojasa od 12 GHz (frekvencijsko područje namijenjeno satelitskoj radiodifuziji) u jedno od nižih područja koje normalni prijemnici imaju i eventualnu konverziju *FM—AM*. Izravnim satelitskim prijemom TV aparat postat će sličniji radio-prijemniku što se tiče elastičnosti i automnosti u izboru prijema.

Očekuje se da će u toku desetljeća u geostacionarnu orbitu biti lansiran i jugoslavenski radio-difuzni satelit. Na Svjetskoj administrativnoj radio-konferenciji za satelitsku radiodifuziju, održanoj 1977 god. u Ženevi, našoj zemlji dodijeljeno je ukupno deset kanla za satelitsku radiofuziju. Osam kanala dobijeno je za potrebe televizije u svim našim republikama, dok preostala dva kanala omogućuju emitiranje većeg broja kvalitetnih radiofonskih stereo programa. Definirani su i ostali tehnički parametri neophodni za normalni rad kao i polarizacija snopa i pozicija satelita na geostacioniranoj orbiti.

U ovom članku se daje prikaz proračuna položaja jugoslovenskog geostacionarnog satelita na nebu. Proračun nam daje koordinate točke na nebu prema kojoj moramo usmjeriti našu paraboličnu antenu da bismo mogli direktno primiti program sa radiofuznog satelita. Također su proračunati dani u godini kada su predviđene smetnje u prijemu zbog radio šuma sa Sunca kao i datumi kada dolazi do „pomračenja" satelita i prekida u prijemu.

Na kraju je priložena kompjuterska lista iz koje možemo očitati koordinate satelita na nebu, različite položaje satelite na geostacionarnoj orbiti (definirane geografakom duljinom substatelitske točke) — kako se vide sa teritorija Jugoslavije (za $\varphi = 45°$ i $\lambda = 15°E$)

ZADATAK

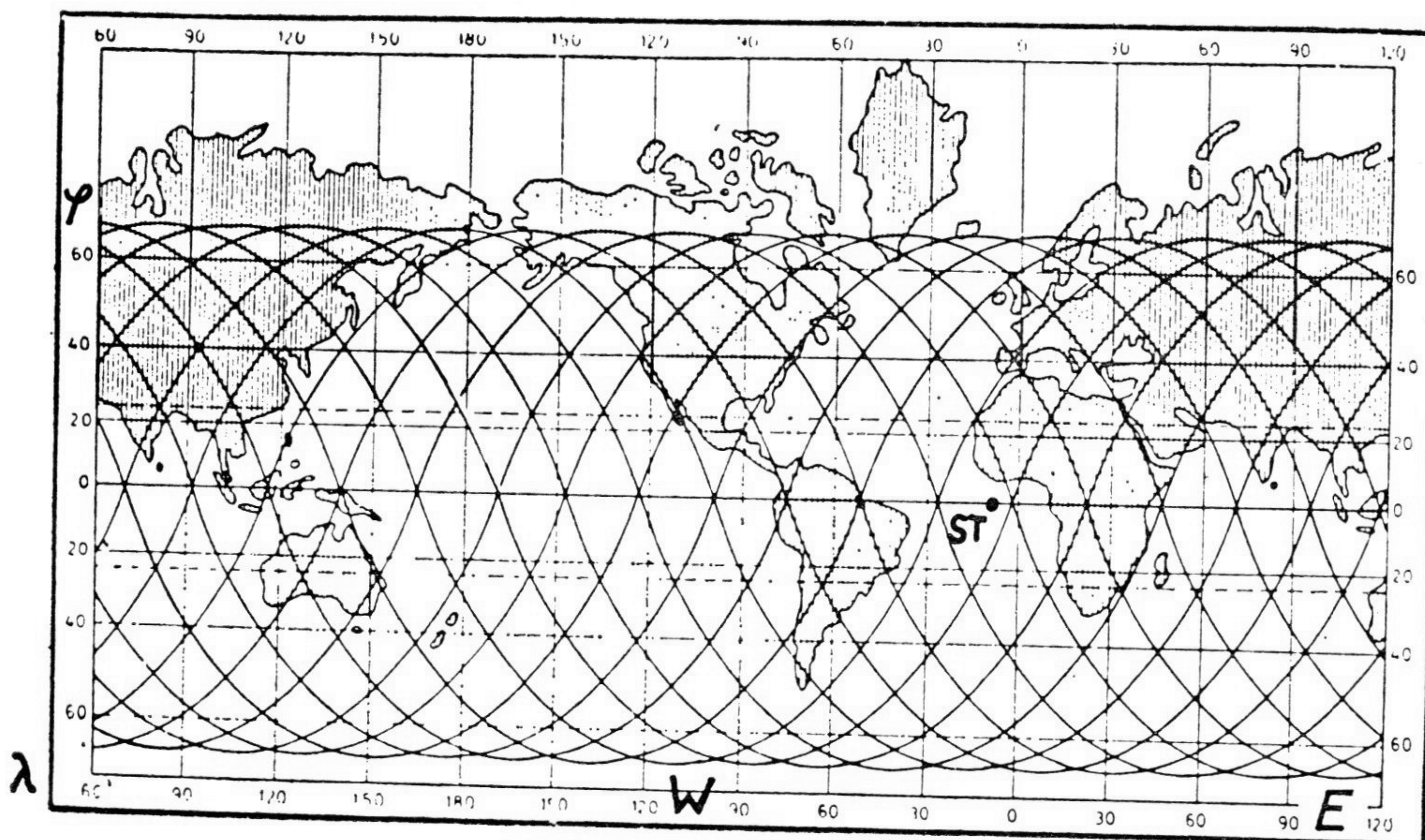
Geostacionarni sinhroni radiodifuzni satelit koji će pokrivati područje Jugoslavije, ima najpovoljniji položaj izražen koordinatama subsatelitske točke: $\varphi = 0°$, $\lambda = 7° W$ (slika 1)
Treba odrediti

a) pravac usmjeravanja prijemne antene tj. azimut A i elevaciju ε satelita za danu točku na Zemlji tj. mjesto prijema.
b) Izvršiti pretvorbu horizontskih koordinata u ekvatorske tj. naći deklinaciju δ i satni kut t satelita na nebeskoj sferi.
c) Za koje dane u godini će se Sunce pojaviti nad tom istom točkom na nebeskoj sferi u kojoj se inače vidi satelit.
d) Datume kada geostacionarni satelit ulazi u Zemljinu sjenu i maksimalno trajanje „pomračenja" satelita.

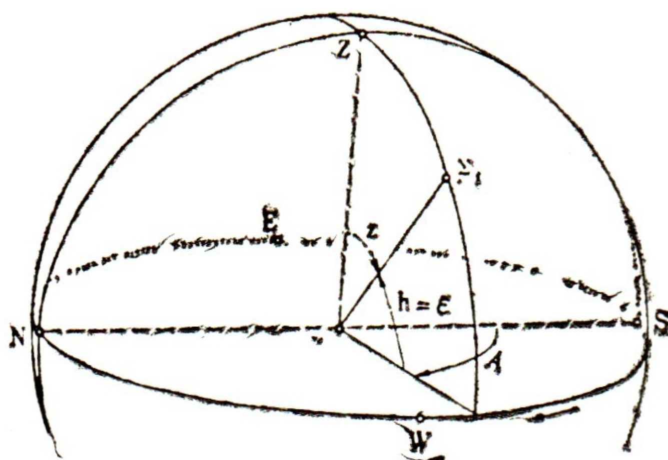
Određivanje pravca usmjeravanja antene prema satelitu

Pošto je radiodifuzni satelit geostacionaran, to znači da on relativno miruje iznad određene točke na ekvatoru koju nazivamo *subsatelitskom točkom* (*ST*). Ovakav satelit ima kružnu orbitu polumjera 42 241 km tj. visina iznad Zemlje iznosi 35 870 km s ravninom orbite u ravni Zemljinog ekvatora. Trajanje perioda odnosno vrijeme ophodnje iznosi T = 24 sata, a smjer revolucije satelita jednak je smjeru rotacije Zemlje. To s druge strane znači da će njegova projekcija na nebeskoj sferi imati stalne koordinate, odnosno da će se satelit „vidjeti" uvijek u istoj točki nad horizontom. Dakle zaključimo: geostacionirani radiodifuzni satelit ima stalne horizontske koordinate koje se ne mijenjaju.

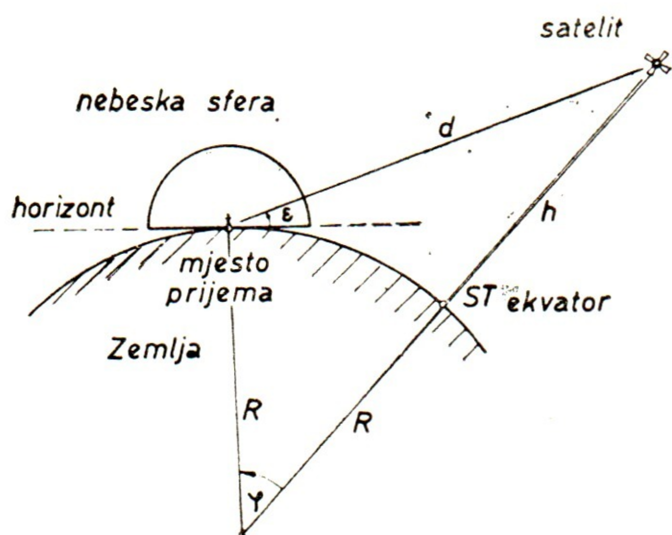
Horizontski koordinatni sustav često se upotrebljava u astronomiji i geodeziji, a pogodan je i kod naših razmatranja prividnog položaja satelita.



Slika 1: Položaj jugoslovenskog geostacioniarnog radiodifuznog satelita označen je subsatelitskom točkom (ST). Sinusoide prikazuju tragove satelita s vremenom obilaska ispod sinhronog i ravninom orbite nagnutom prema ekvatoru.



Slika 2: Horizontski koordinatni sustav



Slika 3a: Konfiguracija iz koje se može izračunati elevacija ε satelita iznad horizonta i udaljenost d do satelita.

Objašnjenje oznaka: h — visina satelita nad Zemljom (subsatelitskom točkom) d — udaljenost od mjesta prijema do satelita, ε — elevacija odnosno visina satelita nad horizontom, φ — geografska širina mjesta prijema.

Izvedimo izraz za visinu tj. elevaciju satelita iznad horizonta — za slučaj geostacionaranog satelita, kada subsatelitska točka i mjesto opažanja tj. prijemna antena *leže na istom meridijanu* tj. $\Delta\lambda = 0°$.

Za izvođenje formule poslužit ćemo se crtežima sa slike 3.

Iz slike 3b se vidi da je: $\sin \varepsilon = x/d$.

S druge strane je $\cos \varphi = \dfrac{x + R}{R + h}$.

Iz ovog potonjeg izraza $x = (R + h) \cos \varphi - R$.

Prema kosinusnom početku za kosokutan trokut, udaljenost d od mjesta opažanja (prijema) do satelita jest:

$$d = \sqrt{(R + h)^2 + R^2 - 2R (R + h) \cos \varphi}.$$

Dakle:

$$\sin \varepsilon = x/d = \frac{(R + h) \cos \varphi - R}{d}.$$

Sl. 4.

Kut pod kojim se satelit vidi iznad horizonta s pojedinih točaka iz područja s kojeg je vidljivost uopće moguća, u slučaju da su substatelitska točka ST i prijemna antena *na istom meridijanu* računa se po formuli:

$$\varepsilon = \text{arc sin} \frac{(R + h) \cos \varphi - R}{\sqrt{(R + h)^2 + R^2 - 2R(R + h) \cos \varphi}}. \quad (2a)$$

Iz slike 3. može se izvesti i nešto drugačiji izraz za elevaciju ε:

$$\varepsilon = \text{arc cos} \frac{(R + h) \sin \varphi}{d}. \quad (2b)$$

Ukoliko u gornje izraze uvrstimo za geografsku širinu $\varphi = 90°$, dobit ćemo da je npr. $\sin \varepsilon$ negativan, što znači da satelit neće biti vidljiv iznad horizonta za sjeverni pol.

Da nađemo na kojoj geografskoj širini će se satelit pojaviti točno na horizontu, izjednačimo izraz (2a) sa nulom tj. stavimo $\varepsilon = 0°$, dakle i $\sin \varepsilon = 0$.

$$O = \frac{(R + h) \cos \varphi - R}{d}.$$

Izraz može biti jednak nuli jedino ako je brojnik jednak nuli. Otuda dobijamo:

$$\cos \varphi = \frac{R}{R + h}. \quad (3)$$

Uvrstivši vrijednosti za polumjer Zemlje R i visinu geostacionarnog satelita h iz formule (3) dobijamo da se geostacionirani satelit nalazi na horizontu za mjesta s geografskom širinom:

$$\varphi = \pm 81°19'38''$$

Drugim riječima to znači da jedan geostacionarni radiodifuzni satelit pokriva teoretski svojom emisijom područja na Zemlji s geografskom širinom između $\varphi = \pm 81°19'38''$. Ostaju nepokriveni dijelovi iznad $\varphi = 81°19'38''$ sjeverne i južne geografske širine, koji su uostalom nenaseljeni.

U mnogo općenitijem slučaju (naš primjer) kada subsatelitska točka i mjesto prijema *ne leže na istom meridijanu,* u izraz za elevaciju (2) mora doći član $\cos \Delta\lambda$ kojima se to uzima u obzir.

Slijedeća slika 4 poslužit će nam da izvedemo najopćenitiji izraz za elevaciju kao i izraz za azimut točke u kojoj se vidi satelit.

Za pravokutni sferni trokut vrijedi slijedeći izraz iz sferne trigonometrije:

$$\cos \varkappa = \cos \Delta\lambda \quad \cos \varphi.$$

Iz kosokutnog ravnog trokuta za udaljenost d između mjesta prijema i satelita imamo prema kosinusnom poučku sada izraz:

$$d = \sqrt{(R + h)^2 + R^2 - 2R(R + h) \cos \Delta\lambda \cos \varphi}. \tag{4}$$

Kut koji zatvaraju vektori središte Zemlje-mjesto prijema i središte Zemlja-satelit sada više nije jednak geografskoj širini φ, nego kutu $\varkappa$ pa u formulu (2a) umjesto φ moramo uvrstiti kut $\varkappa$.

Prema tome opći izraz za elevaciju tj. visinu geostacionarnog satelita iznad mjesnog horizonta glasi:

$$\varepsilon = \arcsin \frac{(R + h) \cos \Delta\lambda \cos \varphi - R}{\sqrt{(R + h)^2 + R^2 - 2R(R + h) \cos \Delta\lambda \cos \varphi}} \tag{5}$$

gde je $R = 6370$ km i $h = 35\,871$ km

Kao što se vidi, elevacija se mijenja sa geografskom širinom mjesta prijema a ovisi o rezlici geografskih duljina $\Delta\lambda$ mjesta prijema i subsatelitske točke.

Na slijedećoj slici dan je dijagram iz kojeg se grafičkim putem može očitati elevacija ε geostacioniranog satelita iznad mjesnog horizonta, ukoliko je poznata geografska širina φ dotičnog mjesta prijema i razlika geografskih duljina $\Delta\lambda$ između mjesta prijema i mjesta kojem je satelit u zenitu.

Iz prvog sfernog trokuta na sl. 5a prema obrascu sferne trigonometrije, za azimut A imamo izraz:

$$\operatorname{tg} A = \frac{\operatorname{tg} \Delta\lambda}{\sin \varphi} \cdot \tag{6}$$

Sada možemo konačno izračunati horizontske koordinate položaja satelita na nebu, prema kojem moramo usmjeriti prijemnu antenu.

Koordinate naše antene u Jugoslaviji neka budu:

$$\varphi = 45^\circ$$

$$\underline{\lambda = 15^\circ \text{ E}}$$

$$\Delta\lambda = \lambda_p - \lambda_s = 15^\circ - (-7^\circ) = 22^\circ$$

Te podatke uvrstimo u formulu (5) i dobijamo za elevaciju antene odnosno za visinu satelita iznad horizonta:

$$\underline{\underline{\varepsilon = 34^\circ}}$$

Azimut u koji moramo usmjeriti antenu iznosi prema formuli (6) $A = 29^\circ 44$!

Azimut A_n računat od sjeverne točke iznosi pak: $A_n = 209^\circ 44'$.

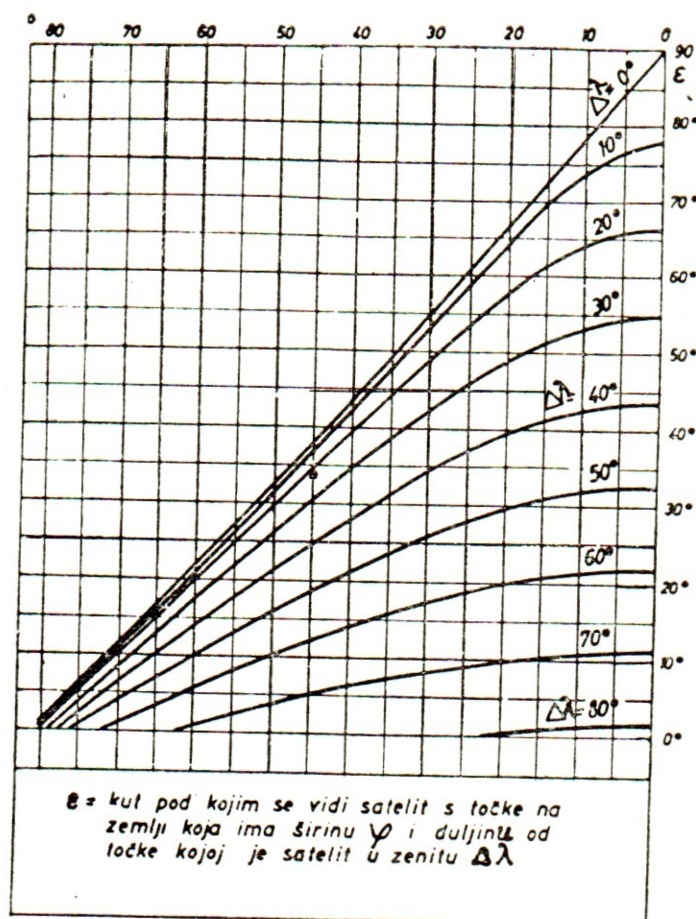
Maksimalnu moguću elevaciju satelita iznad horizonta za danu geografsku širinu dobijamo ako se satelit nalazi u zenitu točke koja je na istom meridijanu sa mjestom opažanja.

Koristeći formulu (2a) dobijamo za $\varphi = 45^\circ$ maksimalnu moguću elevaciju od:

$$\varepsilon_{max} = 38^\circ$$

Isto možemo zaključiti iz slike 6 uz $\Delta\lambda = 0^\circ$.

Međutim zbog pomračenja satelita u doba ekvinocija, satelit se postavlja zapadnije nego što bi to za dotičnu zonu bilo potrebno. Na taj način će se prekid pogona, uslijed prestanka obasjavanja solarnih ćelija pomaknuti kasnije u noć. Kao što vidimo, razlika u elavaciji zbog toga iznosi samo 4°.



Sl. 5.

Pokažimo još ono što je u astronomiji dobro poznato, da ukoliko je $h = \infty$ tj. satelit je beskonačno udaljen u ravni nebeskog ekvatora (sasvim teoretska pretpostavka) — da je kut elevacije u tom slučaju jednak kutu pod kojim se vidi najviša točka nebeskog ekvatora iznad horizonta (presjecišta nebeskog ekvatora sa meridijanom) u dotičnom mjestu geografske širine tj. $\varepsilon_n = 90° - \varphi$:

$$\lim_{h \to \infty} \varepsilon = \lim_{h \to \infty} \arcsin \frac{(R + h) \cos \Delta\lambda \cos \varphi - R}{\sqrt{R^2 + (R + h)^2 + 2R(R + h) \cos \Delta\lambda \cos \varphi}}$$

$$\varepsilon_{h \to \infty} = \arcsin (\cos \Delta\lambda \cos \varphi)$$

$$\text{Uz } \Delta\lambda = 0° \quad \varepsilon = \arcsin [\sin (90° - \varphi)]$$

$$\varepsilon = 90° - \varphi.$$

Dakle, kada bi satelit teoretski bio beskonačno udaljen u ravnini nebeskog ekvatora i na istom meridijanu s mjestom opažanja, tada bi njegova visina bila maksimalno moguća i jedna,a 90° — φ. Za geografsku širinu od 45° visina bi bila 90° — 45° = 45°.

ON THE DETERMINATION OF ORBIT OF THE YUGOSLAV GEOSTATIONARY SATELITE FOR RADIODIFFUSION (I)

B. Šibl

This paper contains and attempt to calculate the position of a geostationary satelite ower the territory of Yugoslavia, for the subsatelite point of φ = 0!, λ = 7!W. In the first part of the paper the horizontal coordinates of the satelite are calculated for an observer at φ = 45°, λ = 15°E.

ВЕСТИ ИЗ НАШЕ ЗЕМЉЕ

VI ЕРМА у Дубровнику

19—23. 10. 1981. г.

Југославија је ове године била домаћин VI европског регионалног скупа астронома. Овом значајном скупу, посвећеном проблемима Сунца и Сунчевог система присуствовало је 234 астронома из 20 европских земаља и Египта, Јапана, Канаде, Мексика и САД. Детаљан извештај и неке од приказаних радова објавићемо у наредним бројевима.

Н. Ч.

Nikola Tesla počasni predsednik. Povodom 125 godina od rođenja Nikole Tesle (1856—1943) podsetimo se da je poznati naučnik na skupštini održanoj 21. januara 1940. izabran za počasnog predsednika našeg Društva.

Iz zapisnika Društva (koje se pred rat zvalo Jugoslovensko astronomsko društvo) vidi se da je predlagač bio naš istaknuti član Avanti Bertoto, kao i da je predlog jednoglasno usvojen.

Vest o izboru Nikole Tesle objavljena je 22. januara 1940. godine u dnevnom listu „Vreme" i iste godine u januarskom broju časopisa Društva „Saturn".

U postojećoj dokumentaciji o predratnom radu Društva (čiji deo je sačuvao i danas čuva drug Nenad Janković) ne nalazi se pismo o izboru, koje je trebalo biti upućeno Nikoli Tesli, niti bilo kakav odgovor velikog naučnika.

Milan Jeličić

IV Летња школа астрономије у Сарајеву одржана је од 1. до 8. јула 1981. године. Предавачи су били: Небојша Грубић, Мухамед Муминовић, Амир Мулић, Јасминко Мулаомеровић и Милорад Ступар. Предавања су држана у сали Центра за друштвене дјелатности Универзитета у Сарајеву — ЦЕДУС. Практични рад је извођен на опсерваторији Мејташ. Организована је и једна посета опсерваторији Чолина капа.



Школа је имала 22 слушаоца из свих крајева наше земље. Учесници су били смештени у феријалном дому Младост БиХ. Предавања и вежбе су иначе били доступни и осталим љубитељима астрономије.

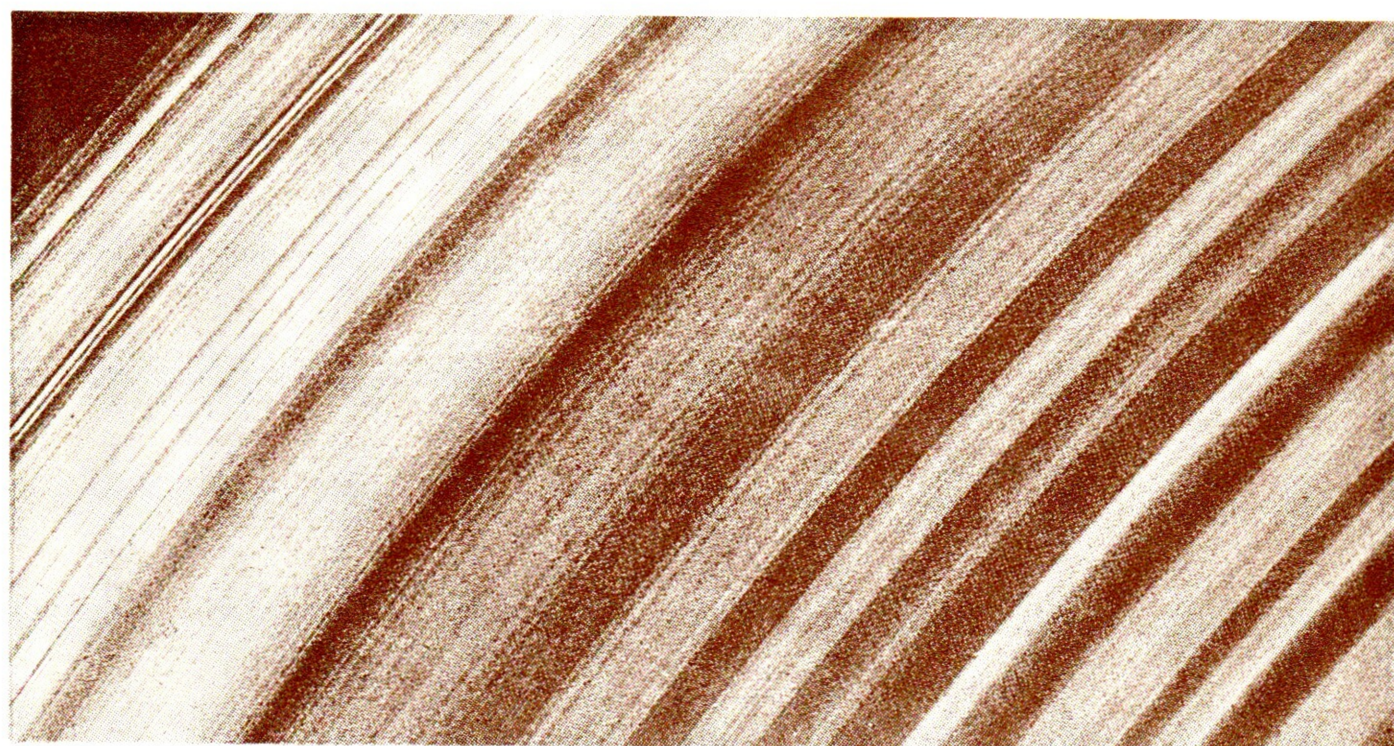
Црнковић Романа

Vojadžer 2 dao je niz novih podataka o Saturnovim prstenima.

Na slici gore dobijenoj sa rastojanja 743 000 km vidi se oblast dimenzija 3000 × 6000 km. Najsitniji detalji registrovani ovde imaju veličinu oko 15 km. Ovde je oko 10 puta više prstena nego što se vidi na snimcima Vojadžera 1.

Slika dole predstavlja izgled prstena „ispod", sa rastojanja 3,4 miliona kilometara. To je jedan od snimaka dobijenih pre kvara na uređaju za orijentaciju kamere.

Na poslednjoj strani korica je snimak Saturna sa rastojanja 21 milion kilometara.



20.00

